



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

**Grado en Ingeniería Eléctrica**

# **ESTUDIO DE VIABILIDAD DE MOVILIDAD CON BICICLETAS ELÉCTRICAS**



**Volumen I**

**Memoria**

**Autor: Cristian Veliz Delgadillo**

**Director: Juan José Mesas García**

**Departamento: EE**

**Codirector: Luis Sainz Sapera**

**Convocatoria: Mayo 2018**



## Abstract

The study of the viability of mobility with electric bicycles can be separated into 3 large blocks.

In the first one, it is analyzed how the market for electric bicycles has evolved on the one hand, and very slightly, on other alternatives that opt for sustainable mobility. With this you can see what is the present and future of the electric bicycle, at the market level and social level.

For the second block there will be a comparison, where different means of transport are compared (for this case we will start from a car, a moped, an electric car and for public transport, we will use a combination of metro and tram). Different points will be compared, such as their respective energy consumption and expenses that may be related to the electric bicycle and then conclusions of the results obtained will be provided.

The third block will deal with possible weak points or points of improvement for the better insertion of electric bicycles in urban areas.



## Resum

El estudi de viabilitat de la mobilitat amb bicicletes elèctriques es pot separar en 3 grans blocs.

En el primer s'analitza com ha anat evolucionant per una part el mercat de les bicicletes elèctriques, i molt lleugerament, el d'altres alternatives que aposten per una mobilitat sostenible. Amb això es podrà veure com és el present i el futur de la bicicleta elèctrica, a nivell de mercat i a nivell social.

Per al segon bloc es realitzarà una comparativa, on es comparen diferents mitjans de transport (per a aquest cas partirem d'un cotxe, un ciclomotor, un cotxe elèctric i, per al transport públic, utilitzarem una combinació de metro i tramvia). Es compararan diversos punts com els seus respectius consums energètics i despeses que poden arribar a tenir respecte la bicicleta elèctrica i després s'aportaran conclusions dels resultats obtinguts.

El tercer bloc, tractarà de possibles punts febles, o, punts de millora per a la millor inserció de les bicicletes elèctriques en zona urbanes



## Resumen

El estudio de la viabilidad de movilidad con bicicletas eléctricas se puede separar en 3 grandes bloques.

En el primero, se analiza cómo ha ido evolucionando por una parte el mercado de las bicicletas eléctricas, y muy ligeramente, el de otras alternativas que optan por una movilidad sostenible. Con ello se podrá ver cuál es el presente y el futuro de la bicicleta eléctrica, a nivel de mercado y a nivel social.

Para el segundo bloque se realizará una comparativa, en donde se comparan diferentes medios de transporte (para este caso partiremos de un coche, un ciclomotor, un coche eléctrico y para el transporte público, utilizaremos una combinación de metro y tranvía). Se compararán diversos puntos, como sus respectivos consumos energéticos y gastos que pueden llegar a tener respecto la bicicleta eléctrica y luego se aportarán conclusiones de los resultados obtenidos.

El tercer bloque, tratará de posibles puntos débiles o puntos de mejora para la mejor inserción de las bicicletas eléctricas en zonas urbanas.





## Agradecimientos

En primer lugar, he de agradecer a mi familia, que me ha apoyado durante mis primeros años en la universidad, el poder presentar hoy, el trabajo, se debe en gran parte de ellos.

En segundo lugar, quiero dar las gracias a la UPC y todos los profesores que me han impartido clase y he podido formarme, en especial a mi tutor del trabajo final de grado, por su total disponibilidad y apoyo durante todo este tiempo.



## Glosario

*VHE*: Vehículo híbrido y eléctrico.

*VE*: Vehículo eléctrico.

*CO<sub>2</sub>*: Dióxido de carbono.

*NO<sub>x</sub>*: Óxido de nitrógeno.

*PMU*: Plan de movilidad urbano.

*Eje pedalier*: Vástago metálico, con 2 rodamientos que están contenidos dentro de la caja del *pedalier*.

*Shucko*: tipo de toma de corriente.

*CHAdemo*: Protocolo de recarga para baterías de vehículos eléctricos, que pueden llegar a aportar 62,5 kW a 500V.

*eBicing*: Plataforma que permite el alquiler de bicicletas eléctricas.

*Mountain bikes*: Bicicletas pensadas para circuitos de montaña

*Brushless*: Término anglosajón que significa “sin escobillas” en los motores eléctricos, las escobillas dentro de los motores eléctricos son las encargadas de controlar los electroimanes que hay dentro de los motores eléctricos



## Índice

<b>Abstract .....</b>	<b>I</b>
<b>Resum .....</b>	<b>III</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>VII</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>IX</b>
<b>Índice .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. Motivación .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Alcance .....	3
<b>2. Movilidad sostenible y eléctrica, situación del mercado .....</b>	<b>5</b>
2.1 Análisis de mercado .....	5
2.2 Análisis de barómetro .....	10
<b>3. Bicicleta eléctrica, ¿qué es?.....</b>	<b>15</b>
3.1 Tipos de bicicletas eléctricas.....	15
3.2 Partes de una bicicleta eléctrica .....	17
3.3 Funcionamiento .....	19
<b>4 Comparativas .....</b>	<b>21</b>
4.1 Datos del recorrido .....	21
4.2 Datos técnicos (bicicleta eléctrica) .....	23
4.3 Cálculos (consumo, vida útil, mantenimiento).....	24
4.4 Comparativa con vehículo a combustión.....	32
4.4.1 Datos técnicos vehículo (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.) .....	32
4.4.2 Comparativa técnico/económica .....	36
4.5 Comparativa con vehículo eléctrico .....	43
4.5.1 Datos técnicos vehículo (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.) .....	43
4.5.2 Comparativa técnico/económica .....	47
4.6 Comparativa con ciclomotor.....	52
4.6.1 Datos técnicos (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.).....	53
4.6.2 Comparativa técnico/económica .....	56
4.7 Comparativa con transporte público.....	60
4.7.1 Datos transporte.....	60
4.7.2 Comparativa técnico/económica .....	66
4.8 Comparativa en movilidad y medioambiente .....	69
4.8.1 Comparativa en movilidad.....	69
4.8.2 Comparativa en medioambiente.....	73
4.9 Conclusiones.....	75
<b>5. Mejora continua en infraestructura de movilidad sostenible .....</b>	<b>79</b>
5.1 Mejoras en subvenciones y ayudas .....	83
5.2 Mejoras en servicios.....	84

<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
<b>7. Impacto ambiental .....</b>	<b>91</b>
<b>8. Presupuesto .....</b>	<b>93</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>95</b>



## 1. Motivación

Hablar de movilidad siempre ha sido, a mi parecer, un tema de alta importancia en tanto que se aplica en las grandes ciudades, ya que conocer el gran flujo de personas y de vehículos que circulan, las infraestructuras, la opinión de la población sobre los diferentes medios de transporte, entre otros factores, puede ayudar a que la inversión sea más segura, en aspectos de movilidad, mejore el estilo y la calidad de vida de los ciudadanos. La gran ventaja de un estudio de viabilidad es que puede suponer un ahorro de grandes cantidades de dinero y tiempo.

En estos últimos años, en Barcelona, el aumento del número de matriculaciones de vehículos ha hecho aún más difícil la circulación por ciudad, mientras que las mejoras en transporte público no son lo suficientemente aptas para buena parte de la población y tampoco consiguen adaptarse a todos, por igual.

A esto hay que sumar el aumento de la contaminación que se produce por parte del gran número de vehículos de combustión, tanto las emisiones de  $CO_2$ , que son las principales causantes del efecto invernadero, como las emisiones de  $NO_x$ , que pueden llegar a ser cancerígenas. A pesar de que el vehículo eléctrico ya puede ser considerado como una alternativa real ante este problema, de momento no está recibiendo la demanda esperada, en parte porque las infraestructuras de la ciudad no están lo suficientemente preparadas, el precio, aún elevado y la poca oferta respecto a los coches de motor de combustión y debido también al desconocimiento sobre sus características y prestaciones, por gran parte de la población.

Es por ello por lo que me he planteado realizar este estudio de viabilidad de la movilidad con bicicletas eléctricas, un medio de transporte que puede ser muy interesante, aclarar dudas sobre las bicicletas eléctricas y aportar una alternativa a la población que necesite realizar desplazamientos en los que habitualmente utiliza un vehículo privado, aportando ciertas ventajas, tanto para el usuario, como para la ciudad, puesto que supone una mejora del medioambiente.



## 1.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto se centra en poder tener un mejor conocimiento de cómo y cuánto puede mejorar, en aspectos de movilidad, eficiencia energética y de medioambiente, la inserción de bicicletas eléctricas en el área de Barcelona. Por ello, haremos un estudio de viabilidad en el que analizaremos el sector de las bicicletas eléctricas, el interés o no interés que tienen con las bicicletas convencionales para poder encontrar posibles puntos de mejorar con la bicicleta eléctrica y realizaremos una comparativa de las bicicletas eléctricas, con diferentes medios de transporte. Para ello haremos una serie de cálculos para saber el consumo de los diferentes medios de transporte y costes a lo largo de los años, para poder cuantificar, si es más rentable o no. Una vez finalizada comparativa, se analizan las posibles mejoras que se pueden realizar en las infraestructuras urbanas para ayudar la inserción de la bicicleta eléctrica.

Este proyecto, además, viene motivado por un interés personal en llegar a saber con total seguridad qué estudios tomar en un futuro, ya sea en forma de máster o posgrado pensados en temas de mejora de movilidad sostenible.

## 1.2 Alcance

El alcance de este proyecto está en hacer el estudio de viabilidad, acotándolo a la ciudad de Barcelona y el Baix Llobregat Nord. Tal como consta en los estudios realizados por la Generalitat de Catalunya, según las últimas publicaciones de movilidad de la primera corona de Barcelona, es en la ciudad condal donde se realizan un mayor número de desplazamientos, seguida del Baix Llobregat Nord, motivo por el cual nos centraremos en ambas zonas.

	Desplaçaments professionals de la mobilitat		
	N	Dia feiner	
		%	Promig persona/dia
Barcelona	310.215	55,9%	15,12
Baix Llobregat Sud	52.511	9,5%	16,17
Baix Llobregat Nord	109.821	19,8%	16,17
Besòs	82.644	14,9%	16,23
<b>Total Primera Corona</b>	<b>555.191</b>	<b>100,0%</b>	<b>15,58</b>

***Ilustración 1:** Distribución de los desplazamientos de los profesionales de la movilidad según el ámbito de residencia (fuente: Departamento de Política Territorial i Obres Publiques de la Generalitat de Catalunya)*

Comenzaremos un estudio a partir del nivel de ventas de las bicicletas en un pasado y analizaremos los pronósticos de los mercados y también diferentes encuestas. Después, a partir de un trayecto de más de 10 km, haremos diferentes comparativas técnico económicas y, como punto final, formalizaremos diferentes propuestas para poder impulsar la inserción de bicicletas eléctricas en Barcelona.

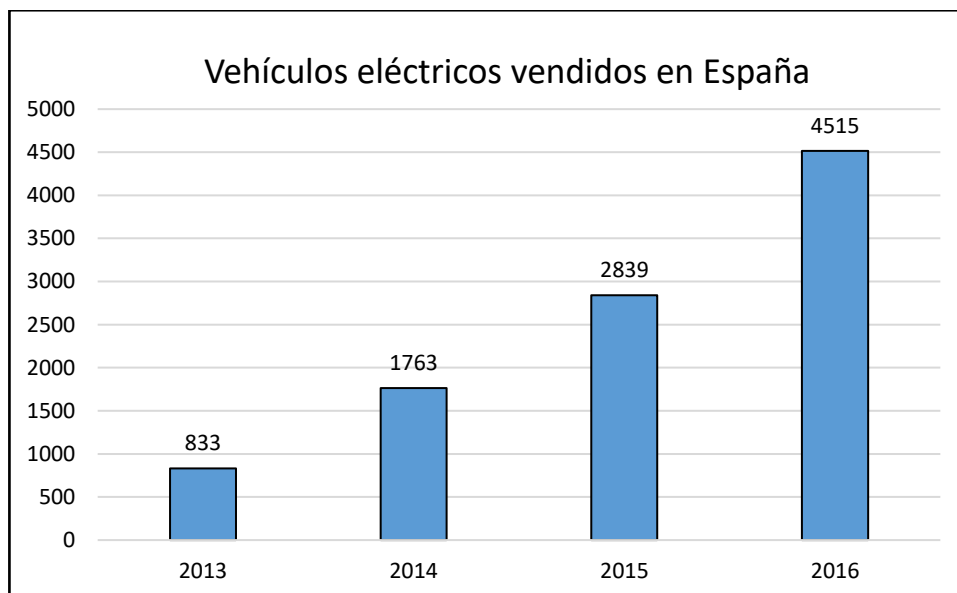


## 2. Movilidad sostenible y eléctrica, situación del mercado

### 2.1 Análisis de mercado

La motivación que me ha llevado a realizar este proyecto ha sido siempre la posibilidad de aportar nuevas ideas al ámbito de la movilidad sostenible, tomando como punto de referencia la ciudad de Barcelona. En estos últimos 10 años se ha hecho mucho hincapié en preparar la ciudad para incluir alternativas al transporte convencional, como la mejora de infraestructuras para bicicletas o el aumento de puntos de carga para vehículos eléctricos. Cabe decir que algunas de estas alternativas que en su momento fueron un éxito, como es el caso de “**Bicing**”, totalmente afianzado y que permite utilizar medios de transporte a través de una suscripción anual, en los últimos 3 años, ha decaído considerablemente respecto al número de usuarios, en parte también porque sigue estando limitada a un nivel de usuario que realiza un trayecto de corto recorrido o como forma de ocio.

En este punto es donde entra la movilidad, aportando vehículos que puedan ofrecer el transporte necesario para el usuario que se ve obligado a recorrer grandes distancias, sin tener que depender de vehículos de combustión o de un transporte público. Existen diferentes alternativas y quiero demostrar que podemos ir cambiando progresivamente a un estilo de vida más sostenible. Este sector está en constante crecimiento, como demuestra el número de ventas anuales de los VE en España.



*Ilustración 2: Total de coches vendidos en España desde 2013 (fuente: [www.MovilidadElectrica.com](http://www.MovilidadElectrica.com)) VHE incluidos*

Como se puede ver en la gráfica, las ventas de los coches eléctricos van en aumento cada año, aunque sigue siendo de menor grado con respecto a las ventas de vehículos en toda España.

El número de coches vendidos de combustión (ya sean diésel o gasolina) sigue siendo considerablemente menor y esto se puede deber a múltiples factores, pero los principales que cabe subrayar son los siguientes:

- Autonomía
- Precio
- Infraestructuras para puntos de cargas
- Falta de información sobre los vehículos eléctricos

Con el paso de los últimos años se han hecho mejoras importantes, como el aumento de la autonomía en las baterías de Ion-Litio, el mayor número de marcas y gamas, los tiempos de cargas más reducidos (*Shucko*, *CHAdEMO*), incluso el precio de los VE es cada vez inferior (vehículos eléctricos por menos de 20.000€, con autonomías superiores a 300km). Aunque no en todas las marcas, actualmente se puede obtener un **Renault ZOE** desde 16.600€ o un **Nissan Leaf** desde 23.300€. Cabe recordar igualmente que se pueden pedir diferentes subvenciones que ofrece el Estado (PLAN MOVEA) o las ayudas de las propias comunidades autónomas, aunque cada vez, tienen unos requisitos más prohibitivos, como, por ejemplo, presupuestos más reducidos no permiten que todas las personas interesadas en adquirir un VE reciban las subvenciones debido al poco tiempo que duran o que las ayudas disponibles sean para VE con un presupuesto cada vez menor. Por ejemplo, en 2016 la las ayudas para las instalaciones de puntos de carga tenían un presupuesto total de, 4.5 millones de euros, mientras que en 2017, las ayudas para puntos de carga, era de 570.000 euros.

Pero el sector de la automoción no es el único sector en aumentar sus ventas en lo que se refiere a electrificación. El sector de las bicicletas eléctricas, en estos últimos años, ha experimentado un importante crecimiento. Paralelamente, el uso de la bicicleta pública ha ido continuamente en un aumento muy controlado, lo que nos lleva a pensar que la bicicleta pública no está siendo una alternativa al medio de transporte público actualmente.

### ¿Porque no *eBicing*?

La idea de *eBicing*, es poder ofrecer un alquiler de bicicletas eléctricas para trayectos cortos, a diferencia de *Bicing*, en *eBicing* es un sistema de subscripción al servicio, pero también de pago por el uso de sus bicicletas eléctricas.

La decisión de no tener en cuenta la opción de *eBicing*, viene dada a que en los últimos años y actualmente el volumen de bicicletas eléctricas disponibles por *eBicing* es muy

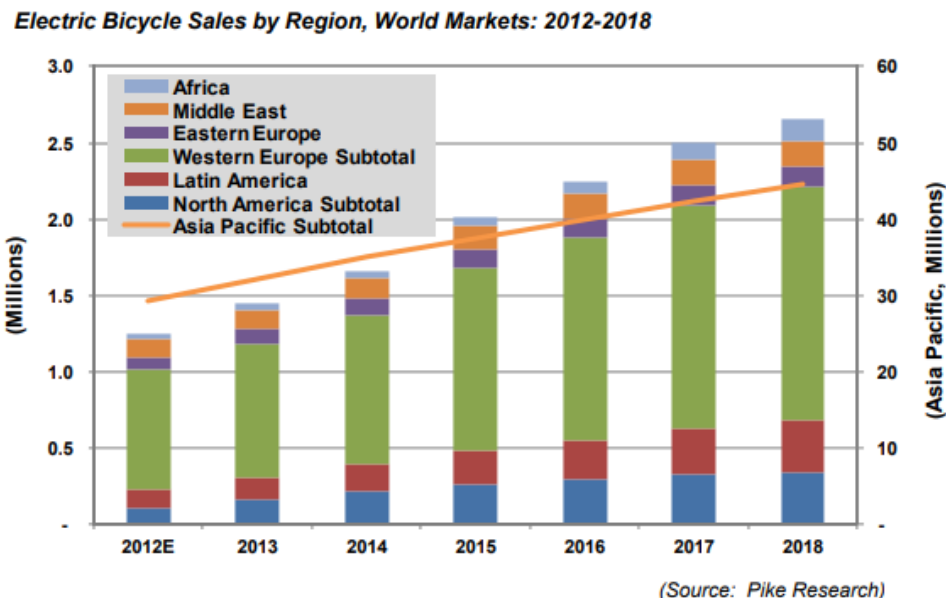
inferior al total de bicicletas convencionales disponibles, además que, al haber, un número reducido de estaciones, estas no están colocadas para todos los públicos.

DESPLAÇAMENTS DIARIS EN BICICLETA	2012	2013	2014	2015	2016	%16/13	%16/15
Bicicleta	124.333	126.502	136.440	145.022	165.499	30,8%	14,1%
% sobre total dels desplaçaments	1,61%	1,65%	1,77%	1,78%	2,06%	24,8%	15,7%
Desplaçaments en Bicing	49.282	43.633	40.709	38.454	43.836	0,5%	14,0%
Desplaçaments en e_Bicing *	-	-	-	147	279	-	90,4%

*Il·lustració 3: Desplazamientos diarios en bicicletas y bicicletas eléctricas realizados en Barcelona desde 2012 hasta 2016 (fuente: PMU de Barcelona)*

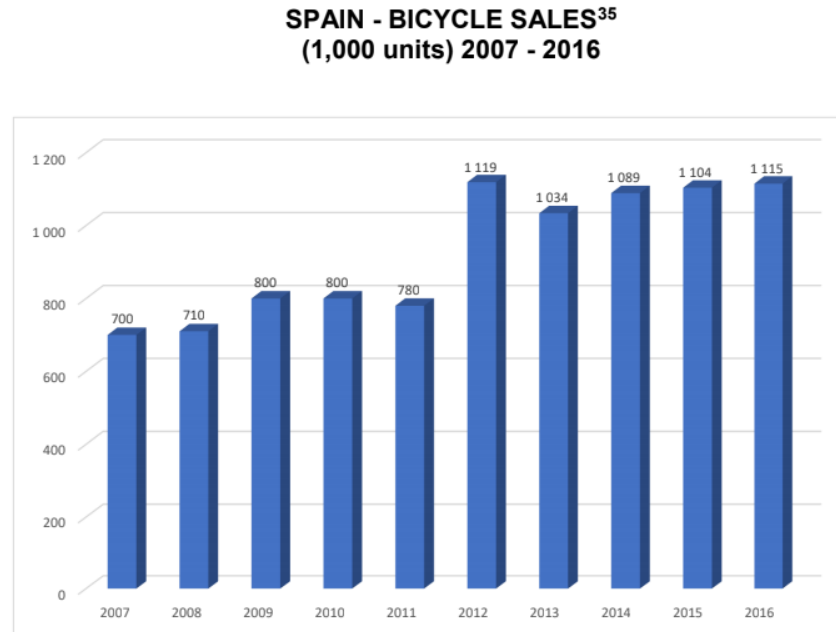
Tal y como podemos ver en la Ilustración 3, vemos que el número de desplazamientos diarios en bicicleta es reducido, pero no ha parado de aumentar durante los últimos 4 años, mientras que el desplazamiento en bicicletas de *Bicing*, puede ir variando según el año, esto puede significar que el aumento de desplazamientos en bicicletas que se producen es en bicicletas privadas. Además, vemos que el número de desplazamientos en *eBicing* son muy reducidos en sus dos primeros años.

El mercado de la bicicleta eléctrica actualmente se encuentra en un continuo crecimiento, esto se debe a la continua baja de precios, y prestaciones de los principales componentes de las bicicletas, tal y como se va en la siguiente ilustración.



*Il·lustració 4: Ventas de bicicletas eléctricas por región (fuente: Pike Research)*

Como se puede ver en el gráfico anterior, el nivel de ventas de las bicicletas eléctricas ha ido progresando en todo el mundo, la opción puede significar una nueva alternativa de transporte, sobre todo a nivel urbano, incluso, podría remplazar a la bicicleta convencional.



Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bicycle Sales (x 1,000)	700	710	800	800	780	1 119	1 034	1 089	1 104	1 115
Evolution year/year-1 (%)	-	1,43	12,68	0,00	-2,50	43,46	-7,60	5,32	1,36	1,01

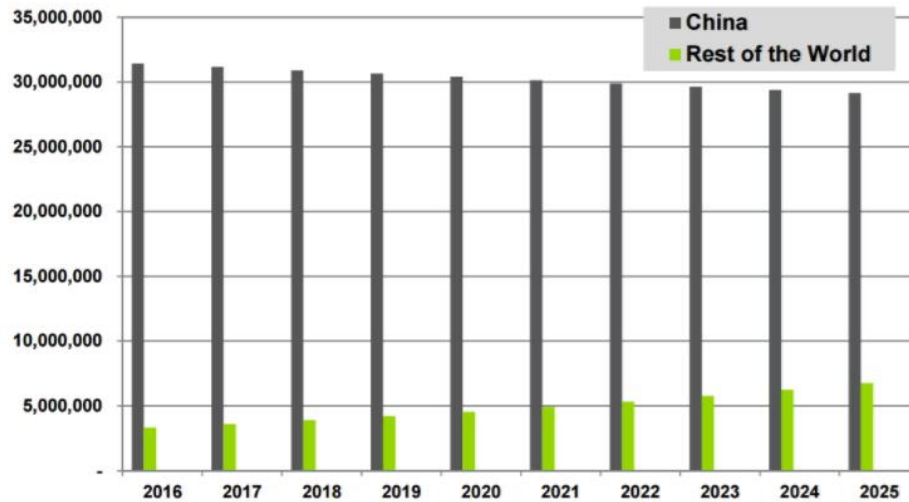
*Ilustración 5: Ventas de bicicletas en España (fuente: CONEBI (Confederation of the European Bicycle Industry))*

Mientras tanto a nivel nacional, según la información que se ha obtenido del informe “*European Bicycle Industry and Market Profile 2017 with 2016 data*” nos indica que el número de bicicletas vendidas en España durante todo el 2016 ha subido un 1% respecto el anterior año, de este 1% se puede recalcar que un 64% han sido bicicletas eléctricas, esto compensa la bajada en ventas de otras bicicletas como las *mountain bikes* y bicicletas para niños.

Este informe también nos indica de forma aproximada, el número de ventas que se realizan en diferentes países, como detalle, en España se vendieron alrededor de 40.000 bicicletas eléctricas, mientras que otros países como Alemania, se vendieron 500.000 en el mismo año, lo que demuestra que España no es uno de los países que más apuesta por la bicicleta eléctrica.

Otro punto importante del análisis, una vez visto el mercado son los pronósticos que hay de las bicicletas eléctricas, gracias a un informe sobre el mercado de las bicicletas a escala mundial por *navigant research*, podemos hacernos a la idea, de cuál puede ser el futuro de este sector.

Annual E-Bike Sales, China and the Rest of the World: 2016-2025



*Ilustración 6: Tendencia de las ventas del mercado de las bicicletas eléctricas. (fuente: Navigant research)*

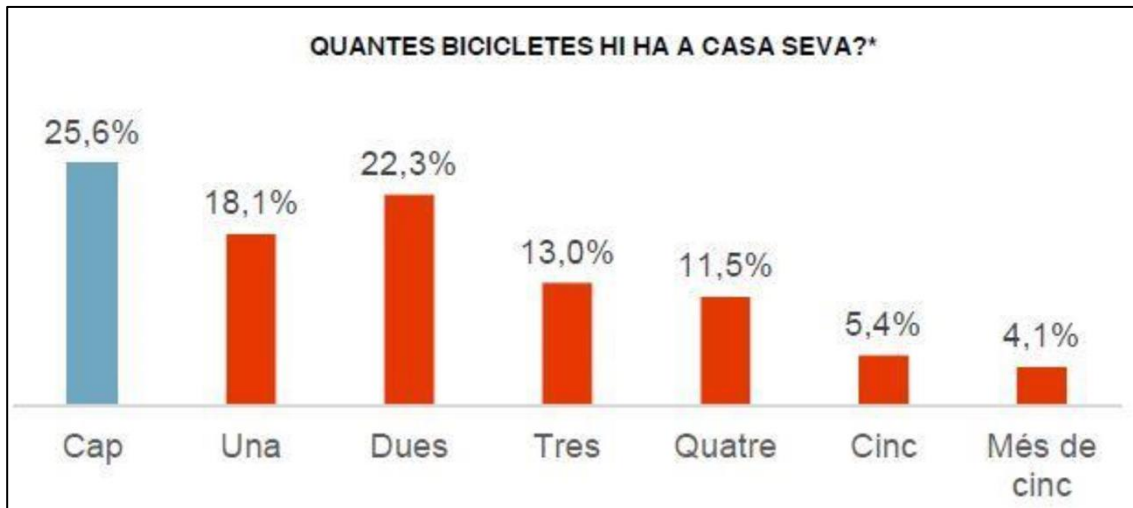
Tal y como podemos ver en la Ilustración 6, vemos que el pronóstico de ventas de las bicicletas eléctricas está al alza durante todos los años. Esta tendencia es también la misma que la ilustración 4. Esto se puede deber a muchos factores, como por ejemplo la mayor oferta de bicicletas eléctricas, ya que cada vez hay más empresas, que principalmente estaban en el mercado de bicicletas convencionales, que poco a poco han ido incorporando bicicletas eléctricas o empresas de otros sectores, como pueden ser *Kymco* o *Audi* empresas que son de un sector de automoción que sin embargo, están trabajando en prototipos o ya tienen en venta bicicletas eléctricas, otro factor también es las mejoras en prestaciones como la autonomía o reducción de peso, la bajada de precio de los diferentes componentes que llevan las bicicletas eléctricas, sobretodo de las baterías, ya que pueden suponer prácticamente la mitad del precio de la bicicleta eléctrica.

Lo que podemos llegar a ver, es que, independientemente de cuál es el precio y las prestaciones, la bicicleta eléctrica se encuentra en un momento de alza, y parece que esta tendencia se puede mantener constante durante el próximo lustro. Una vez realizado este análisis a nivel de mercado de este sector en alza, hará falta saber, como está la población socialmente, preparada para recibir este tipo de medio de transporte, pero no solo para hacernos a la idea de la aceptación de un medio de transporte alternativo, sino que también, para poder saber opiniones y posibles puntos débiles que se pueden encontrar. Como actualmente no existen barómetros sobre bicicletas eléctricas, se usará uno de bicicletas convencionales como base, ya que tienen muchas similitudes, es por ello, que para el siguiente punto se hará un análisis de un barómetro sobre las bicicletas convencionales.



## 2.2 Análisis de barómetro

Ahora vamos a analizar diferentes barómetros sobre el uso de las bicicletas en general. Esto nos servirá para saber si la población, en general, está relacionada con el uso de la bicicleta, ya que puede ser un aspecto importante a la hora de introducir una bicicleta eléctrica. Vamos a ver ahora los diferentes tipos de gráficas que nos muestran la cantidad de bicicletas que posee la población española.

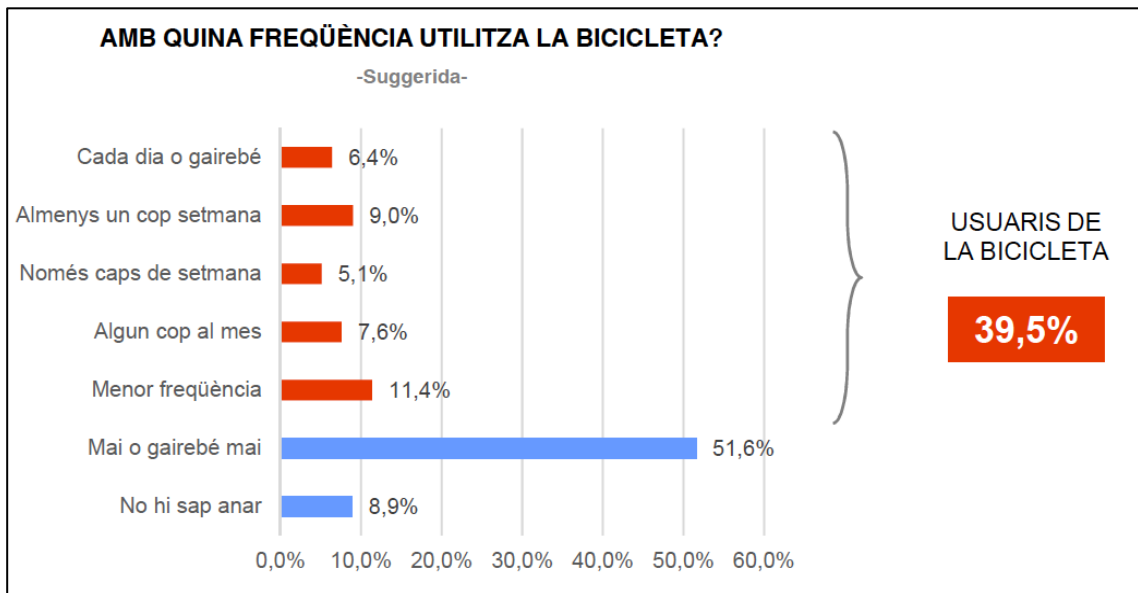


*Il·lustració 7: Porcentaje de personas que tiene una bicicleta en su casa, fuente: Barómetro de la bicicleta 2016)*

Según la encuesta realizada por el barómetro, comprobamos que gran parte de la población posee 1 o más bicicletas en su casa, dato positivo ya que indica que buena parte de la población está familiarizada con el uso de la bicicleta.

Del último barómetro realizado en el 2016 se pueden obtener otros datos muy interesantes, como la situación laboral de los usuarios de bicicletas, por ejemplo, puesto que el 61,1% de los entrevistados son trabajadores y un 19,7%, estudiantes.

Por otra parte, es muy importante ver la frecuencia con la que los usuarios (o sea las entrevistadas que tienen bicicletas) las usan, siguiendo el barómetro.

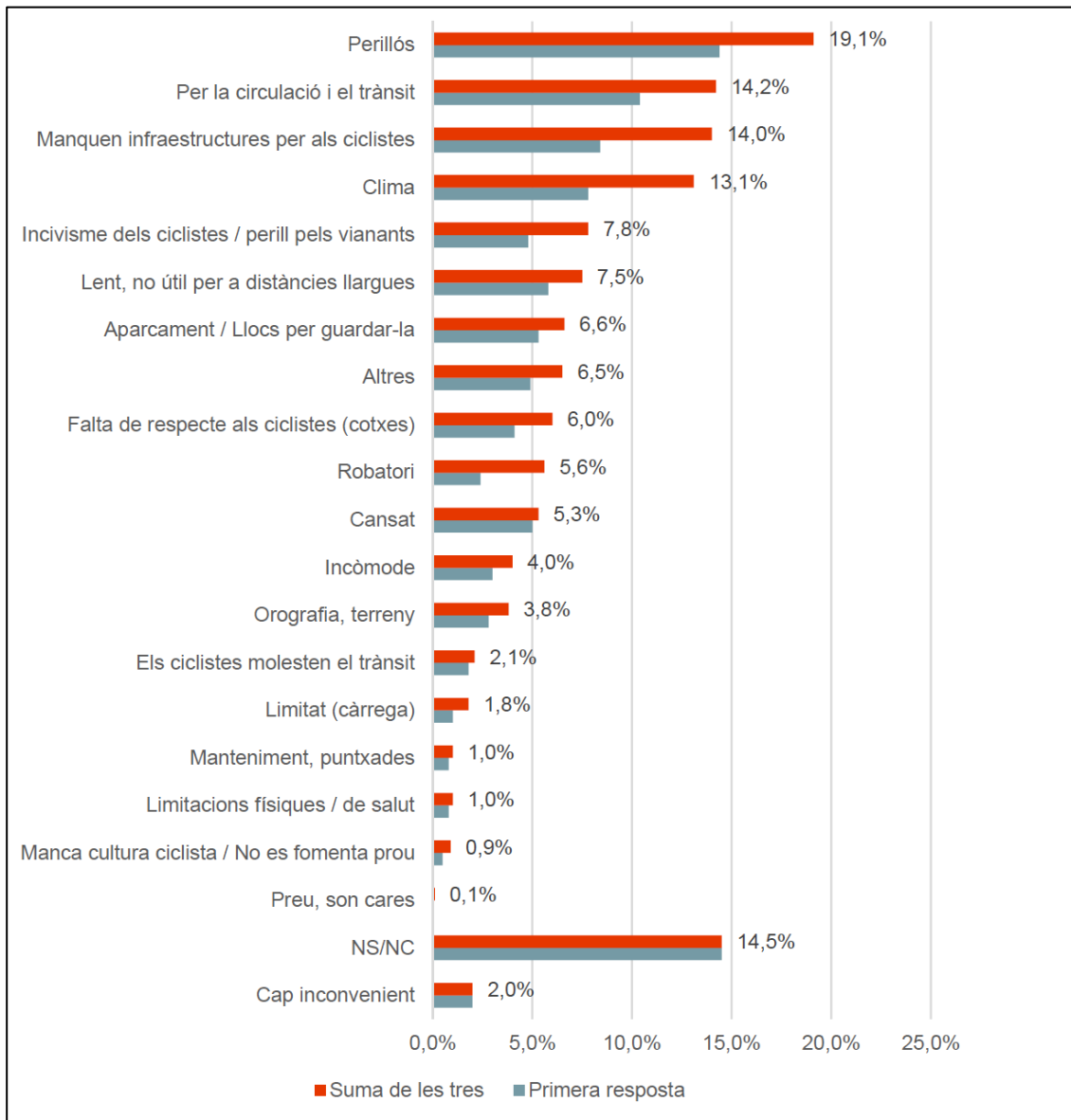


*Il·lustració 8: Porcentaje de frecuencia con el que la gente usa una bicicleta, fuente: Barómetro de la bicicleta 2016)*

Los usuarios que suelen usar la bicicleta cada día es un 6,4%, lo que significa un aumento del 0,3%, respecto el año anterior, por lo que se puede decir que no hay un aumento de ciclistas considerable, este porcentaje también resulta muy pequeño comparado con el de gente que dice no hacer nunca o casi nunca, los posibles motivos se podrán encontrara continuación.

También podemos extraer de la encuesta información sobre donde dónde se guardan las bicicletas: un 67,9% en un garaje o parking, mientras que un 12,7% en el domicilio, siendo casi nula la opción de dejarla en la calle (0,8%), cosa comprensible debido al riesgo de robo, punto que veremos más adelante.

Por último, se muestran los inconvenientes que la gente encuentra a la bicicleta como medio de transporte.



**Il·lustració 9:** Inconvenientes de personas que tienen una bicicleta, fuente: Barómetro de la bicicleta 2016)

Con la ilustración 9 podemos destacar lo peligroso que pueden llegar a ser las bicicletas, esto puede ser debido al peligro que puede sentir un ciclista durante un trayecto, ya que son sensibles al paso de los vehículos, pero también los ciclistas pueden llegar a ser peligrosos para los peatones, por lo que ambos casos el ciclista debe tener mucha precaución; la necesidad de mejorar en infraestructuras, conseguir más aparcamientos seguros, también la falta de una mejorar en las señales de circulación para bicicletas, tanto para que el ciclista respete el paso de vehículos y peatones, como justamente lo opuesto, que los vehículos y peatones respeten las zonas de paso de un ciclista. Señalar también lo poco útil que puede llegar a ser la bicicleta convencional en las distancias largas.

Este barómetro es una de las razones para presentar este proyecto final de grado, en el que realizaré una comparativa de lo que nos puede aportar una bicicleta eléctrica respecto a los medios de transporte convencional, según el siguiente criterio:

- Comparativa con un vehículo de combustión
- Comparativa con un vehículo eléctrico
- Comparativa con un ciclomotor
- Comparativa con el transporte público (Bus, metros, trenes, tranvía etc.)

Una vez realizadas las comparativas, se podrá dar un punto de vista mucho más objetivo mediante cálculos realizados y gráficas, con ello se podrá saber si la bicicleta eléctrica puede llegar a ser una opción para la movilidad en ciudad y la vez una opción sostenible.



### 3. Bicicleta eléctrica, ¿qué es?

Básicamente es una bicicleta a la que se le ha acoplado un motor eléctrico. Este motor puede estar integrado en la rueda trasera, delantera o cerca del eje del *pedalier*. El motor ayuda al avance de la bicicleta mientras ejerce la fuerza de pedaleo.

En el Artículo 1 del capítulo de 1 de la Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo se describe a la bicicleta eléctrica como un vehículo destinado a circular por carretera. Dispone de:

- Una potencia máxima continua de 250 W.
- Puede llegar a los 25 km/h de velocidad máxima, con apoyo del motor.

#### 3.1 Tipos de bicicletas eléctricas

Según la definición de bicicleta eléctrica, podemos diferenciar dos tipos de bicicletas:

- **Bicicletas eléctricas (*E-bike*):** Este tipo de bicicletas, tiene la particularidad de que no el funcionamiento del motor es independiente del pedaleo del ciclista, por lo que el ciclista puede elegir entre qué tipo de conducción realizar:
  - Conducción únicamente con uso de motor.
  - Conducción mediante el pedaleo estándar y cuando el ciclista lo necesite, activar el motor mediante un acelerador.

A día de hoy, el boletín oficial del estado, donde se encuentra la directiva 2002/24/CE, no tiene descrito este tipo de bicicleta, por lo que no permite la circulación a este tipo de bicicletas, solamente se admite con pedaleo asistido sin acelerador.

- **Bicicletas eléctricas con pedaleo asistido y sensor de movimiento con regulador (*Pedelec*) :** Se trata del sistema más habitual. En el pedal se coloca un sensor (llama PAS) que se encargará de activar el controlador, que a su vez activa la asistencia de forma totalmente progresiva. Disfrutaremos de una mayor comodidad, ya que es el motor el que aplica la potencia necesaria para que el ciclista realice el mínimo esfuerzo necesario, a la vez que tendremos la posibilidad de regular el tipo de asistencia que queremos recibir a través de un controlador, que puede venir asistido por una pequeña pantalla incorporada al cuadro de nuestra bicicleta, el motor dejará de dar asistencia cuando dejemos de pedalear o cuando se presione el freno.

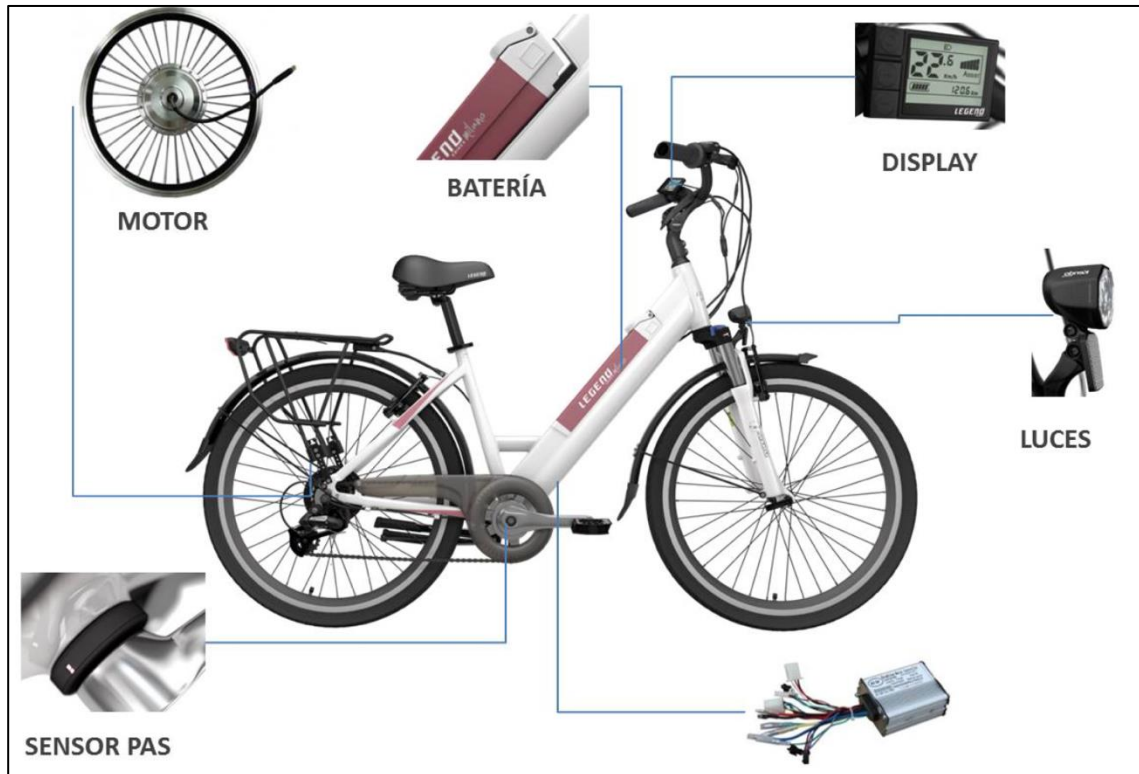
Las bicicletas de tipo de *Pedelec* pueden ser de 3 tipos, en función de la colocación del motor:

- Motor ubicado en el buje de la rueda trasera: Los motores con motor en la rueda trasera presentar mayor cadencia a altas velocidad, suelen limitar el número de marcha que tiene una bicicleta normal, también presentar una mayor complejidad a la hora de su instalación.
- Motor ubicado en el buje de la rueda delantera: Usar motor ubicados en la parte delantera permite un mejor reparto del peso en la bicicleta, además mantener todas las marchas de una bicicleta que vienen de serie o en caso de electrificar una bicicleta convencional, pero requieren también de una horquilla especial ya que el par que pueden aplicar estos motores es mucho mayor.
- Motor ubicado en eje del *pedalier*: Este motor, comúnmente usado en las *mountain bikes*, tiene una relación mejor velocidad-par, ya que el motor aplica una asistencia siempre proporcional al esfuerzo que realice el ciclista. Una de las principales razones es debido a que el motor central acciona las bielas, en lugar de la propia rueda, lo que multiplica su potencia (par motor) y permite un mejor aprovechamiento de los engranajes existentes.

También hay que añadir que existe otra opción para aquellas personas que quieran una bicicleta eléctrica y tengan una bicicleta normal: La opción de comprar el *kit* de conversión para bicicleta eléctricas y electrificarla.

### 3.2 Partes de una bicicleta eléctrica

En la siguiente ilustración se pueden ver todos los elementos eléctricos y electrónicos que componen una bicicleta eléctrica.



*Ilustración 10: Partes de una bicicleta eléctrica, fuente: [www.biciclelectricabcn.com](http://www.biciclelectricabcn.com)*

- **Motor eléctrico:** El motor ayuda al ciclista a aligerar el esfuerzo mediante la potencia que aplica al girar la rueda o eje donde este colocada. El motor eléctrico no funciona solo, el ciclista ha de ejercer una fuerza a los ejes del *pedalier*, en mayor o menor medida, para que el motor recibe la orden del controlador para aportar potencia y que nos ayude a ir más rápido por el recorrido. Hay muchos tipos de motores, así como potencias del mismo. Los motores eléctricos que se utilizan en el sector de la bicicleta eléctrica son 2:
  - Los motores con engranajes: Son motores eléctricos que tienen engranajes dentro del motor. La transmisión de energía se realiza mediante los engranajes. Su construcción es un poco más compleja y mayor tamaño pero menor peso respecto los motores. También son ligeros y su vida útil se puede ver reducida debido al desgaste que pueden tener los engranajes.



- Los motores sin engranajes (*Gearless*): También conocidos como motores de tracción directa, estos motores son justamente el antónimo de los motores con engranajes. Mayor simplicidad de construcción y mayor vida útil, debido a que no hay engranajes, pero también presentan un mayor peso.
- **Batería de la bicicleta:** La batería suministra energía al controlador. Es recargable y su duración dependerá de su capacidad. En general, las baterías de una bicicleta eléctrica tienen una capacidad de entre 30 y 100 km. Actualmente las baterías que más se venden son las baterías de Ion-Litio, debido a su durabilidad y desgaste.
- **Controlador:** Es el dispositivo encargado de aportar la energía del motor. Se encarga de gestionar la energía en función del pedaleo del ciclista, para poder llegar a la velocidad comentada anteriormente.
- **Sensor de pedaleo (P.A.S):** Detecta la velocidad (cadencia) a la que pedaleamos, y envía esta información al controlador. Hay sensores de pedaleo que detectan adicionalmente la fuerza con la que pedaleamos, pero su uso es complejo y son más recomendables para terrenos con poco desnivel.
- **Panel de control (Display):** Pantalla donde se ofrece toda la información necesaria sobre la bicicleta (velocidad, autonomía disponible, kilómetros recorridos, nivel de asistencia).

### 3.3 Funcionamiento

El sensor detecta la velocidad del pedaleo o la fuerza transmitida a los pedales. Al presionar el pedal o al dar vueltas el plato, un controlador electrónico registra esta señal del sensor y proporciona la energía al motor para que asista el avance de la bicicleta a una velocidad y fuerza calculadas, que serán valores en función de la fuerza mecánica que aplique el usuario. Cuando se deja de pedalear o se acciona el freno, el motor deja de funcionar.

En algunas bicicletas se dispone de un gatillo que tiene la función de acelerador y que se encarga de aumentar la velocidad, ignorando totalmente los sensores de par.



## 4 Comparativas

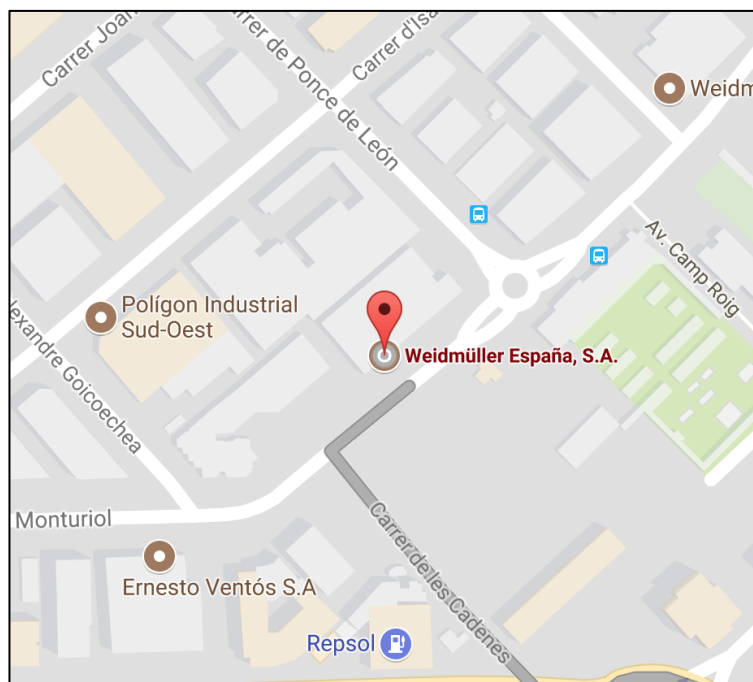
### 4.1 Datos del recorrido

La elección del punto de destino será en la empresa *Weidmüller S.A.* que se encuentra en Sant Just Desvern.

Motivos:

- Lugar de trabajo actual
- Tiempo de trayecto considerable
- Todos los posibles desplazamientos son por ciudad

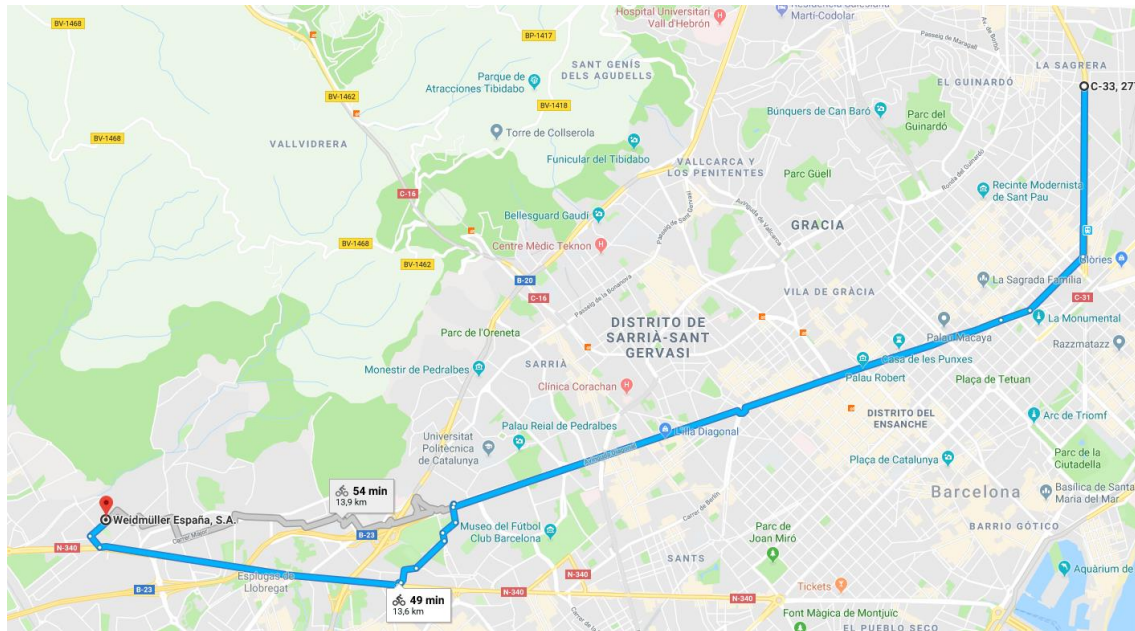
En este caso, y como se ha dicho en el alcance del trabajo, la mayoría de los posibles recorridos se harán por ciudad, lo cual permite aprovechar todos los carriles bicis y de las vías ciclables.



*Ilustración 11: Ubicación Empresa, (fuente: Google Maps)*

Con la ubicación del destino y el inicio ya fijadas, podemos comprobar aproximadamente la distancia recorrida que se tendrá que realizar para llegar al punto final, lugar donde se encuentra la empresa de trabajo.

Como para este trabajo necesitaremos tener un trayecto definido, intentaremos utilizar un recorrido que tenga más carriles bici que, en este caso, es el que se puede ver a continuación en la siguiente imagen.



*Ilustración 12: Trayecto recomendado para bicicleta: Google Maps*

Como se puede ver en la imagen, una gran parte del recorrido se realizará por la avenida Diagonal, que consta de carril bici, al igual que Laureda Miró y la av. Meridiana.

Según *Google Maps* podemos ver que el recorrido recomendado consta de 13,6 km, de los cuales unos 7,5 km tienen pendiente. Esto puede condicionar la elección del *kit*, ya que vamos a necesitar una batería con la suficiente autonomía para poder cubrir el viaje de ida y vuelta.

Otra cuestión importante es que, como la orografía de la ciudad condal no resulta ser homogénea, hay que tener en cuenta las pendientes que se producen durante el trayecto, ya que, al haber pendiente, el consumo energético se puede ver afectado. Con el objetivo de poder agilizar los cálculos, en este caso, nos basaremos en usar una pendiente media y con la ayuda de *Google Maps*, intentar saber la distancia que recorre con pendiente, teniendo presente la altura máxima que vamos a encontrarnos, ajustando más los cálculos en posteriores comparativas.

$$Pendiente(\%) = \frac{Altura\ de\ pendiente}{Longitud} \cdot 100 = \frac{200}{7500} \cdot 100 = 2,6\%$$

## 4.2 Datos técnicos (bicicleta eléctrica)

La bicicleta que se ha elegido es de la marca *Tucano*, una bicicleta eléctrica plegable, con motor hub ubicado en la rueda trasera de 250W, una batería de ion-litio ubicada en el centro del cuadro de la bicicleta, que dispone de una capacidad de 12Ah, un controlador debajo de la batería y con unas llantas de 20 pulgadas de estilo 'fat'.



*Ilustración 13: Bicicleta Tucano (fuente: foto propia)*

Los datos técnicos son los siguientes:

Motor:

Tipo: Brushless

$P_N = 250\text{ W}$ , corriente continua

$V_N = 48\text{ V}$

Controlador

$V_{bat} = 48\text{ V}$

$I_n = 10\text{ A}$

Batería

Capacidad = 12 Ah

Precio: 1000€

### 4.3 Cálculos (consumo, vida útil, mantenimiento)

Para poder calcular la autonomía y el consumo energético de la bicicleta eléctrica y llevar a cabo las posteriores comparativas, necesitaremos tener en cuenta la potencia que nos hará falta para mover la bicicleta a la velocidad que nosotros esperamos. En este caso partiremos de la hipótesis de ir siempre a 25km/h que, según la ley, es la velocidad máxima permitida para bicicletas eléctricas. Otro dato muy importante es saber la masa total que será necesario mover y el terreno por donde nos moveremos.

Datos de partida:

$$\rho_{aire} = 1,226 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{rz} = 0,6$$

$$m_{total} = 105 \text{ kg}$$

$$F_{rd} = 0,006$$

$$A_{fr} = 0,7 \text{ m}^2$$

$$V_m = 25 \text{ km/h}$$

Siendo:

$\rho_{aire}$ : Densidad del aire

$F_{rz}$ : Factor de rozamiento

$m_{total}$ : Masa total (bicicleta, persona y kit)

$F_{rd}$ : Factor de rodadura, siendo éste el factor de rozamiento que hay con las ruedas y el terreno que toca

$A_{fr}$ : Área frontal: siendo éste el área de la cara frontal de la bicicleta y el ciclista

$V_m$ : Velocidad media del ciclista

Con los siguientes datos podemos empezar a calcular la resistencia que debemos superar para poder mover la bicicleta a la velocidad deseada, pero para poder aproximar mejor los resultados, tendremos en cuenta el tramo donde hay pendiente, por lo haremos el cálculo dos veces: Una para el tramo en llano y, la segunda, para el tramo donde hay pendiente.

$$X_{llano} = (13,6 - 7,5) \cdot 2 = 12,2 \text{ km}$$

$$X_{pend} = 7,5 \cdot 2 = 15 \text{ km}$$

- **Para la parte del recorrido en llano los cálculos serán:**

La fuerza aerodinámica que se ha de superar viene dada por el área que ocupa la cara frontal de la bicicleta y el ciclista, el coeficiente del rozamiento y densidad del aire

$$F_{aero} = 0,5 \cdot \rho_{aire} \cdot F_{rz} \cdot A_{fr} \cdot V_m^2 \quad (1)$$

$$F_{aero} = 12,42 \text{ N}$$

La fuerza de rodadura, que es la fuerza que se ha de generar para poder mover un cuerpo sobre otros, tiene un factor de fricción. El factor dependerá del tipo de material que, en este caso, será un terreno asfaltado y de nuestra bicicleta.

$$F_{rodadura} = m_{total} \cdot F_{rd} \quad (2)$$

$$F_{rodadura} = 6,18 \text{ N}$$

La fuerza gravitatoria, teniendo en cuenta la pendiente para cada caso, por lo que respecta al recorrido en plano, será cero.

$$F_{gravedad} = pendiente \cdot m_{total} \cdot 9,81 \quad (3)$$

$$F_{rodadura} = 0 \text{ N}$$

El producto de la velocidad a la que queremos transportarnos, con la suma de todas las fuerzas que hacen falta poder superar, nos dará como resultado la potencia total necesitaría que se ha de ejercer para mantener en movimiento la bicicleta.

$$P_{total} = (F_{aero} + F_{rodadura} + F_{gravedad}) \cdot V_m \quad (4)$$

$$P_{total} = 129,14 \text{ W}$$



Se define potencia total como a la suma de la potencia que aporta el motor eléctrico y el ciclista, por lo que, como nos interesa saber el consumo de la bicicleta, no centraremos en encontrar la potencia eléctrica aportada, separaremos la potencia mecánica (la que aporta el ciclista) y la eléctrica (la que aporta el motor eléctrico).

$$P_{total} = P_{mec} + P_{el} \cdot \eta \quad (5)$$

La potencia mecánica que el ciclista aporta es un valor que no se puede calcular de forma analítica, por lo que partiremos de la hipótesis de una potencia de 10W de forma constante, que está dentro del rango de potencias necesarias para realizar un viaje. Por otra parte, cabe añadir que el rendimiento del motor eléctrico es de aproximadamente un 80%, según el fabricante (*fuelle: [www.e-bafang.com](http://www.e-bafang.com)*).

$$\frac{P_{total} - P_{mec}}{\eta} = P_{el} = 148,93W$$

Como podemos ver en el resultado, la potencia eléctrica necesaria para poder mantener la bicicleta a 25km/h es inferior a la potencia nominal del motor, por lo que esto nos garantiza su correcto funcionamiento durante el trayecto.

Con estos datos ya calculados, podemos saber el consumo de corriente media que hacemos y el tiempo que podemos tardar en recorrer todo el trayecto a partir de ese mismo consumo, en el hipotético caso de que se haga todo el recorrido de forma continua y sin parar.

$$I_m = \frac{P_{el}}{V_{mot}} \quad (6)$$

Siendo:

$P_{el}$ : Potencia nominal del motor

$V_{mot}$ : Tensión del motor

$I_m$ : Corriente nominal del motor

$$I_m = 3,10 A$$

Con este valor, ahora podemos calcular el tiempo estimado que puede tardar la batería en aportar esta corriente de forma continua durante el trayecto en plano a la velocidad deseada.

$$T = \frac{V_{mot}}{X_{llano}} \quad (7)$$

Siendo:

$T$ : Tiempo del trayecto en el que se estará conduciendo la bicicleta

$Capacidad$ : Capacidad en Ah de la batería

$$T = 0,49 \text{ h} = 29,4 \text{ min}$$

Es importante recalcar, que el valor  $T$ , no es el tiempo que tarda la bicicleta en realizar todo el recorrido en llano, ya que el tiempo dependerá de otros factores (números de veces que se para, ritmo de pedaleo)

Ahora, con estos cálculos, nos podemos hacer una idea de cuanta capacidad de la batería necesitamos para hacer el recorrido en llano.

$$Gasto_{capacidad.llano} = I_m \cdot T \quad (8)$$

Siendo:

$Gasto_{bat.llano}$ : Capacidad necesaria de la batería para realizar el trayecto en llano.

$$Gasto_{bat.llano} = 1,51 \text{ Ah}$$

También podemos calcular el consumo de energía de la bicicleta eléctrica por km.

$$Consumo_{energia} = \frac{P_{el} \cdot T}{X_{llano}} \quad (9)$$

Siendo:

$X_{llano}$ : Recorrido en llano

$Consumo_{energia}$ : Consumo energético de la bicicleta eléctrica por kilómetro.

$$Consumo_{energia} = 5,96 \text{ Wh/km}$$

Un cálculo interesante lo podemos obtener en la autonomía que nos ofrece la batería, si hacemos un trayecto en llano. Para mantener la batería en un correcto estado, es deseable, según el proveedor de baterías no dejar que se descargue del todo, ya que ello puede reducir considerablemente su salud y tiempo de vida útil, por lo que intentaremos solamente usar hasta el 90% de su capacidad.

$$Autonomía = \frac{V_{mot} \cdot Capacidad \cdot 0,9}{Consumo_{energía}} \quad (10)$$

$$Autonomía = 87 \text{ km}$$

▪ **Para la parte del recorrido con pendiente los cálculos serán:**

Repetiremos el cálculo para la parte del recorrido donde encontramos una pendiente de 2,6%, teniendo en cuenta que la velocidad será inferior, aproximadamente de unos 20 km/h. Para la parte del recorrido con pendiente los cálculos de las fuerzas serán las distintas que en llano:

$$F_{aero} = 0.5 \cdot \rho_{aire} \cdot F_{rz} \cdot A_{fr} \cdot V_m^2 = 7,95N$$

$$F_{rodadura} = m_{total} \cdot F_{rd} = 6,18N$$

$$F_{gravedad} = pendiente \cdot m_{total} \cdot 9,81 = 26,8N$$

$$P_{total} = (F_{aero} + F_{rodadura} + F_{gravedad}) \cdot V_m = 227,27W$$

Para las pendientes intentaremos aplicar el mínimo de fuerza, pero siempre dando soporte al motor, con el objetivo de que el viaje resulte más cómodo para el conductor, aplicando una hipotética potencia de 50W, por lo que esto hará que aumente la potencia eléctrica aportada por el motor, también otro punto a comentar es el rendimiento del motor, a mayor trabajo se verá reducido su rendimiento, por lo que nos basaremos de un rendimiento muy pesimista del 50%.

$$\frac{P_{total} - P_{mec}}{\eta} = P_{el} = 227,27W$$

$$I_m = \frac{P_{el}}{V_{mot}} = 7.39A$$

$$T = \frac{\text{Capacidad}}{I_m} = 0,29 \text{ h} = 17,4 \text{ min}$$

$$\text{Gasto}_{\text{capacidad.pend}} = I_m \cdot T = 5,54 \text{ Ah}$$

$$\text{Consumo}_{\text{energia}} = \frac{P_{el} \cdot T}{X_{\text{pend}}} = 17,73 \text{ Wh/km}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{V_{\text{mot}} \cdot \text{Capacidad} \cdot 0,9}{\text{Consumo}_{\text{energia}}} = 30.9 \text{ km}$$

Con el gasto total en ambas partes del trayecto. Podemos saber cuánta capacidad de la batería se consumen durante un día.

$$\text{Gasto}_{\text{total}} = \text{Gasto}_{\text{bat.llano}} + \text{Gasto}_{\text{bat.pend}} = \quad (11)$$

$$\text{Gasto}_{\text{total}} = 7.05 \text{ Ah}$$

Según estos cálculos podemos comprobar que con nuestra batería disponemos de capacidad de sobra para hacer el recorrido, sin tener que hacer ninguna carga a lo largo del trayecto.

Ahora veremos el gasto económico que puede suponer cargar toda la batería. Para ello habrá que hacer una hipótesis de cuándo vamos a cargar la batería del todo, ya que el precio varía ligeramente durante el día. En nuestro caso vamos a realizar la carga en el tramo horario de 19h a 22h, cuando el precio de kWh es de:

$$\text{Pr}_{\text{kWh}}(19 - 22\text{h}) = 0,117 \text{ €/kWh}$$

$$\text{Pr}_{\text{carga.dia}} = \frac{\text{Pr}_{\text{kWh}} \cdot V_N \cdot \text{Capacidad} \cdot 0,9}{1000} \quad (12)$$

Siendo:

$\text{Pr}_{\text{kWh}}$ : Precio por kWh

$\text{Pr}_{\text{carga.dia}}$ : Precio que costaría cargar la batería desde el 10% hasta el 100%

$$\text{Pr}_{\text{carga.dia}} = 6 \text{ céntimos}$$

Podemos ver que el precio de cargar la batería es prácticamente nulo, pero vamos a realizar un cálculo a mayor escala para saber cuánto nos puede suponer mensual y anualmente. Partiremos de que la cargamos 15 veces al mes, ya que el cálculo está pensado para el trayecto ida y vuelta de casa al trabajo, lo que supone en nuestro caso, que la capacidad de la batería nos da una autonomía de casi 2 días, sin necesidad de cargarla durante el trayecto si se usa de forma más conservadora.

$$Pr_{carga.mes} = Pr_{carga.dia} * 15 = 0,9 \text{ €} = 90 \text{ centimos}$$

$$Pr_{carga.año} = Pr_{carga.mes} * 10 = 9\text{€} = 9 \text{ euros}$$

### Mantenimiento y Vida útil

Ahora vamos a mirar el mantenimiento del *kit*. En la ficha técnica del fabricante nos informan que la batería de Ion-litio tiene aproximadamente 1000 ciclos de cargas, lo que significa que sólo podremos cargarla 1000 veces y si contamos con una aproximación de en cuantas ocasiones la cargaremos anualmente, podemos calcular su vida útil:

$$V_{util} = \frac{1000}{10 * 15} = 6,67 \text{ años}$$

El cálculo de la vida útil se realiza a partir del número de veces que se cargará cada año, simulando los 10 meses al año y los 15 veces que se carga al mes,

Aproximadamente cada 6 años y medio será necesaria la compra de una nueva batería, siempre y cuando la usemos única y exclusivamente para movernos de casa a nuestro lugar de trabajo y viceversa, pero, este resultado representa la vida de la batería, pero no las condiciones con las que estará trabajando los años anteriores esto, en el peor de los casos, puede obligar al conductor a cargar la batería durante el trayecto, por falta de capacidad y para poder evitar esto, se rebajarán los 6,67 años a 5 años.

El precio de una batería de 12 Ah de la marca Samsung es de unos 495€, aunque también hay que tener en cuenta que, en un futuro, el precio se verá reducido debido a la continua mejora de las baterías, por lo que a lo largo de los tres próximos años aplicaremos una reducción del 15% sobre el precio actual del producto, en nuestros cálculos.

También es importante comentar que la degradación de la batería aparece desde el momento que se fabrica, por lo que, con el paso de los años, el consumo energético aumentará y también el coste por cargar la batería, por lo que, contemplaremos una degradación del 5% al año.

La resta de materiales que se verán afectados de un mantenimiento serán las llantas, que también necesitarán un remplazo, pero al usar la ruedas *Fat*, nos garantizan una mayor vida ya que son muy resistentes a los pinchazos, y las cadenas de las bicicletas, para estos casos, adjuntaremos un coste cada 5 años de 100 euros.

### Tiempo de desplazamiento

Para poder calcular el tiempo que tarda en desplazarse un ciclista, no se ha encontrado una forma de calcular analíticamente el tiempo, por lo que se procederá a calcular el tiempo de forma empírica. Para ello, se cronometrará el tiempo que tarda la bicicleta, desde que sale del portal, hasta el momento en el que llegue a la entrada del trabajo. Una vez realizado el mismo desplazamiento una serie de días, se hará un rango de tiempo que se puede tardar y este será el intervalo aproximado.

Una vez obtenido los rangos de tiempos cronometrados, de forma aproximada podemos dar un rango de valores que tiempo que se tarda en realizar el trayecto. El margen en bicicleta eléctrica de ida, que es desde la Sagrera hasta *Weidmüller* es de:

$$T_{bicicleta.ida} = 40 - 45 \text{ min}$$

Cabe también comentar, de que este trayecto se realiza normalmente a partir de las 7:15 – 7: 30 de la mañana, mientras que, el tiempo para volver, puede variar más.

$$T_{bicicleta.vuelta} = 50 - 65 \text{ min}$$

#### 4.4 Comparativa con vehículo a combustión

Para el primer caso nos basaremos en la elección del coche más vendido en España en el año 2016, que es el Citroën C4 HDI con 33.653 unidades vendidas (fuente: Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas (ANIACAM)).



*Ilustración 14: Citroën C4 BLUE HDI 2016*

##### 4.4.1 Datos técnicos vehículo (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.)

Una vez elegido el vehículo, nos encargaremos de buscar toda la información necesaria del modelo del Citroën para poder realizar los cálculos necesarios. A continuación, en la siguiente tabla, podremos ver algunos de datos generales que usaremos posteriormente.

Datos técnicos	
Consumo	4,8 l/100km
ITV ( <i>Applus</i> )	45,31€
Precio Diésel	1,23€/l
Tasa matriculación	1170€
Emisiones CO2	95 – 117 g/km
Precio	17533€
Potencia	100 C.V.
Dimensiones	433/179/149 cm

*Tabla 1: Datos generales del vehículo Citroën C4*

Ahora veremos, en la siguiente tabla, el gasto medio de mantenimiento que tiene un vehículo en su vida útil (diésel).

Reparación/Revisión	Kilometraje (km)	Gastos (€)	N.º	Total (€)
Revisión, luces, escobillas...	40000	60	5	1000
Aceite y filtros	20000	120	10	1200
Neumáticos, bujías y líquido de frenos	40000	500	5	2500
Batería, airbags, aire acondicionado	80000	250	2	500
Correas de distribución y accesorios	120000	800	1	800
Pastillas de freno	60000	150	3	450
Discos de freno	90000	200	2	400
Amortiguadores	60000	150	3	450
Catalizador	120000	500	1	500
Otros (seguros, accidentes, etc.)				400

**Tabla 2:** Gastos de mantenimiento en un vehículo a combustión durante su vida útil

Podemos hacernos a la idea del gasto anual en consumo y mantenimiento, si el uso del transporte es solamente para el trayecto de casa al trabajo (hipotéticamente contando 8 semanas festivas y 20 días laborables al mes).

$$Recorrido_{anual} = 13,6 \frac{km}{viaje} \cdot 2 \frac{viajes}{dia} \cdot 20 \frac{dias}{mes} \cdot 10 \frac{meses}{año} \quad (13)$$

$$Recorrido_{anual} = 5440 \frac{km}{año}$$

con esto también sabemos el consumo anual de combustible.

$$Cs_{anual} = \frac{Consumo \cdot Recorrido_{anual}}{100} \quad (14)$$

Siendo:

$Cs_{anual}$ : Consumo de combustible anual.

$Consumo$ : Consumo de combustible por cada 100 kilómetros = 4,8 l/km.

$$Cs_{anual} = 288,2 \frac{l}{año}$$



Para poder calcular el consumo (en KWh) del vehículo, necesitaremos información sobre el combustible utilizado que, en este caso, es diésel.

Diésel		Unidades
Densidad	0,85	g/cm <sup>3</sup>
Poder calorífico	43	MJ/kg
Densidad Energética	36,55	MJ/l

**Tabla 3:** Información general del Diésel

La densidad energética es un valor que hemos de calcular previamente para poder conseguir el consumo energético con las mismas unidades que la bicicleta.

$$\rho_E = P_{CI} \cdot \rho \quad (15)$$

Siendo:

$\rho_E$ : Densidad energética

$P_{CI}$ : Poder calorífico

$\rho$ : Densidad

$$\rho_E = 36,55 \text{ MJ/l}$$

Ahora podemos saber el consumo energético del vehículo por trayecto.

$$\text{Consumo energético} = \rho_E \cdot \text{consumo} \quad (16)$$

Siendo:

$$\text{consumo} = 0,048 \text{ l/km}$$

$$1\text{Mj}=0,2778 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo energético} = 0.49 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}$$

y ahora para poder calcular el gasto energético, necesitamos la cantidad de diésel que se consume al día y el precio del combustible:

$$\text{Consumo}_{Diesel} = \text{Distancia}_{Diesel} \cdot \text{consumo} \quad (17)$$

Siendo:

$$\text{consumo} = 0,048 \text{ l/km}$$

$$\text{Distancia}_{Diesel} = 27,2 \text{ km}$$

$$\text{Consumo}_{Diesel} = 1,31 \text{ l/dia}$$

Con este dato ahora podemos calcular el gasto energético que tiene el diésel, por lo que ahora podremos saber el gasto que tiene el consumo energético del diésel

$$\text{Gasto}_{Diesel} = \text{Consumo}_{Diesel} \cdot \text{Pr}_{Diesel} \quad (18)$$

Siendo:

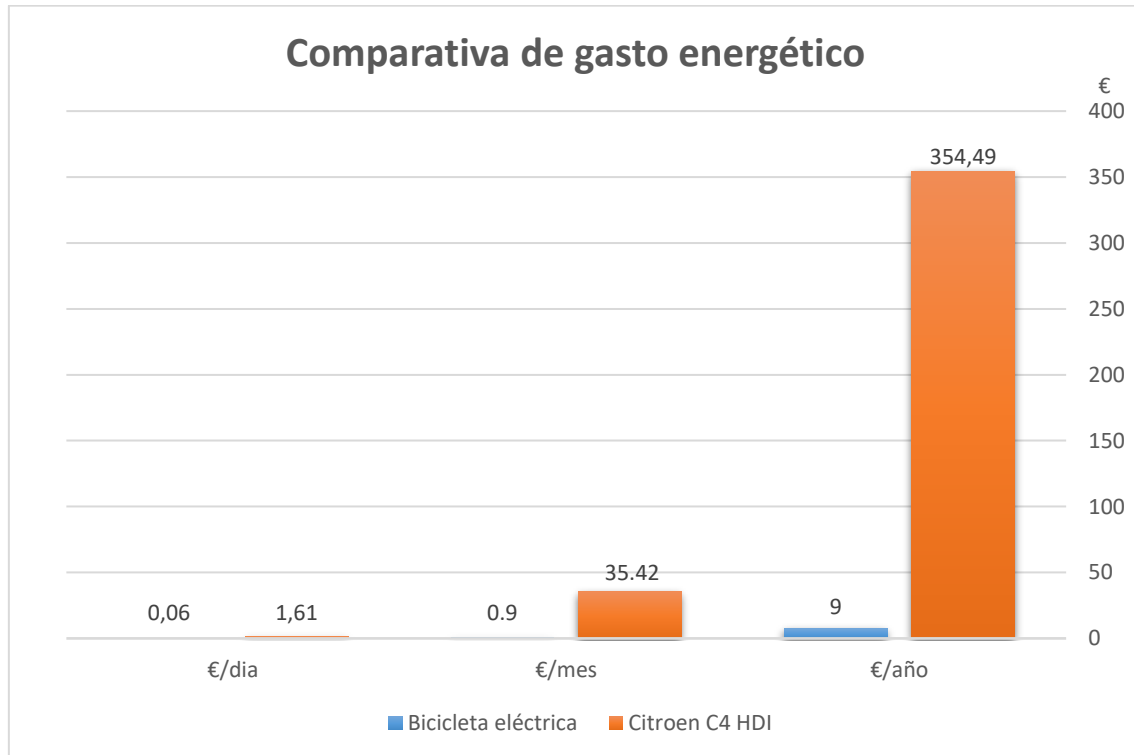
$$\text{Consumo}_{Diesel} = 1,61 \text{ l/dia}$$

$$\text{Pr}_{Diesel} = 1,23 \text{ €/l}$$

$$\text{Gasto}_{Diesel} = 1,61 \text{ €}$$

#### 4.4.2 Comparativa técnico/económica

Hay que recordar que este gasto cubre un trayecto de ida y vuelta de casa al trabajo, de forma aproximada, por lo que ahora, para poder hacer una comparativa del gasto energético del vehículo y el de la bicicleta eléctrica, usaremos el mismo criterio. La comparativa se hará en tres fases distintas: la primera será el gasto energético que se genera en un día, la siguiente en un mes y la última, en un año.



**Ilustración 15:** Gasto energético en diferentes fases de tiempo del Citroën y la bicicleta eléctrica

Como se puede ver, la diferencia es sorprendente, el consumo de vehículo, como es el Citroën, el coche más vendido del 2016 tiene un consumo muy por encima del de una bicicleta eléctrica, aunque este puede estar justificado por una gran variedad de factores (peso, motor, rendimiento, sistemas electrónicos etc.)

En esta gráfica podemos ver que únicamente el gasto energético, que es únicamente el gasto que tienen los combustibles que utilizan ambos vehículos, esto es muy útil para saber cuantificar el gasto energético, pero para poder saber aproximadamente, cuál va a ser el gasto total en ambos casos, se han de tener otros aspectos, como son el mantenimiento y otros puntos igual de importantes.

Para un hipotético caso de 1 año, los gastos de mantenimiento serían los siguientes:

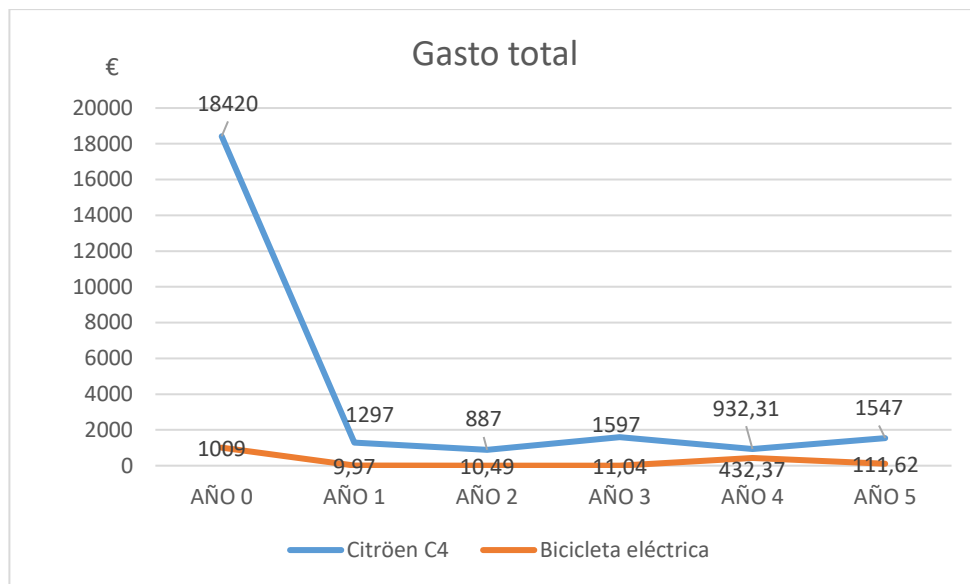
Reparación	Coste (€/año)
Revisión, luces, escobillas...	44,88
Aceite y filtros	359,04
Neumáticos, bujías y líquido de frenos	374
Batería, airbags, aire acondicionado	37,4
Correas de distribución y accesorios	39,9
Pastillas de freno	44,88
Discos de freno	26
Amortiguadores	44,88
Catalizador	24
Otros	400

**Tabla 4:** *Gastos anuales de mantenimiento del vehículo a combustión a lo largo de su vida útil*

Con los valores que tenemos en la tabla y el resto de la información, haremos una comparativa teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Gasto energético
- Gasto mantenimiento
- Coste de adquisición del vehículo

Sumando todos estos gastos y coste, obtendremos la siguiente gráfica que, a continuación, presentamos.



**Ilustración 16:** Comparativa de gastos totales durante los primeros 5 años entre Citroën C4 HDI y bicicleta eléctrica (fuente propia)

Como podemos esperar, el gasto que produce un coche es mucho mayor comparado con una bicicleta. En todos los aspectos técnicos, desde la inversión inicial y el mantenimiento durante los años, la bicicleta eléctrica parece ser más rentable, gracias a su escaso gasto energético y casi nulo mantenimiento, aunque aún quedan más datos por analizar.

Cabe remarcar que estamos hablando de unos gastos de vehículos recién comprados, pero existe también la posibilidad de comprarlos en el mercado de segunda mano, lo que supone que el precio se reduzca considerablemente (para el Citroën C4 HDI hay precios desde los 5000, hasta los 10000€). Esta disminución del precio puede reducir un poco la gran diferencia que podemos apreciar en el primer año. Aun así, no cambia en nada la diferencia entre la inversión inicial entre ambos vehículos. Por otra parte, el mercado de las bicicletas eléctricas de segunda mano es muy pequeño, comparado con el de los automóviles y los precios que se ofertan para un modelo similar van de los 800€ a los 1000€.

Comprobamos que el gasto anual de un vehículo es muy elevado, no solamente por su consumo, sino debido también a otros factores obligatorios como son: El seguro, el permiso de matriculación y la ITV. La bicicleta eléctrica sale beneficiada, en este sentido, ya que no necesita tener ninguna documentación obligatoria en regla para poder circular.

Por lo que podemos ver en esta comparativa, el automóvil presenta la opción más cara, si el objetivo es desplazarse únicamente por ciudad, como calculamos en este proyecto, aunque hay que tener en cuenta otros factores que no son únicamente gastos energéticos.

### **Otros puntos importantes**

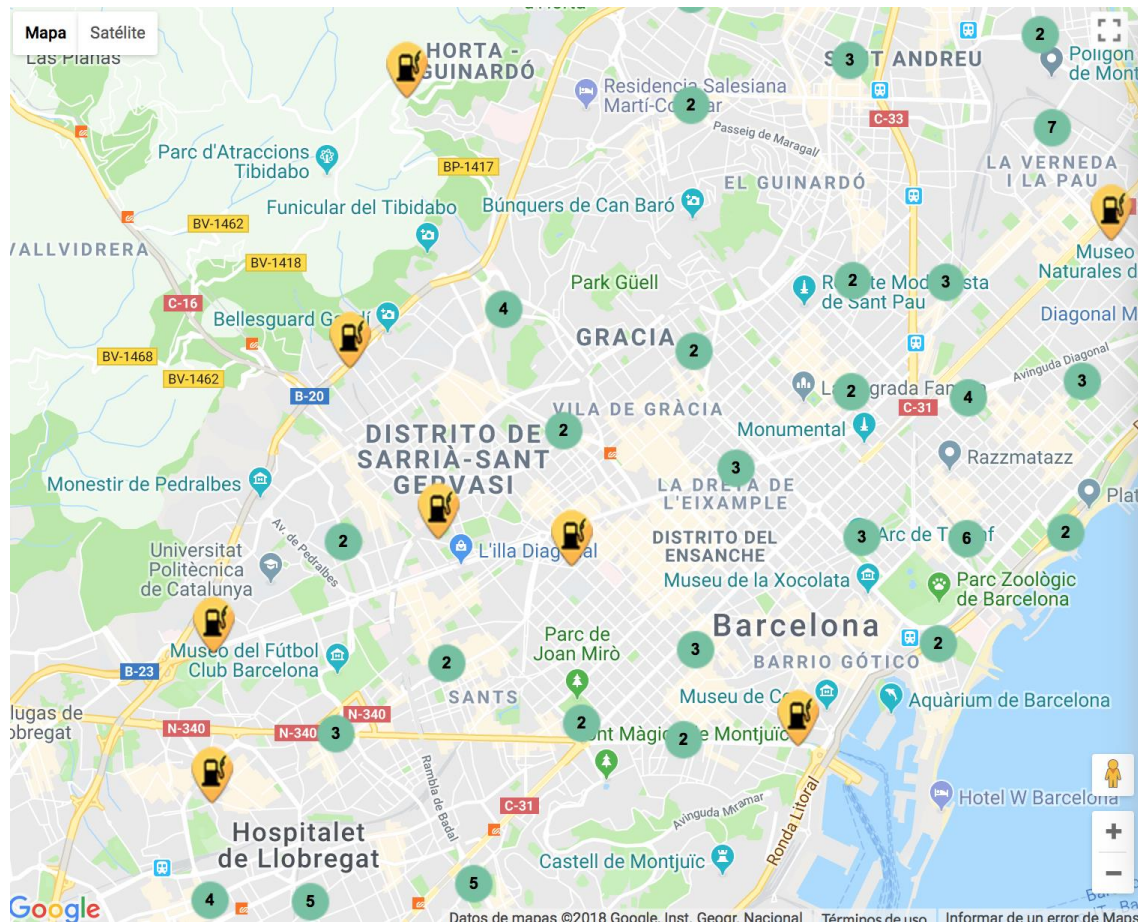
	Coche	Bicicleta
Ocupantes	5	1
Maletero	Si	No
Seguro	Obligatorio	Opcional
Uso de Autopista y autovías	Permitido	Prohibido
Velocidad máxima	50 km/h	25km/h

***Tabla 5: Otros datos del Citroën C4 HDI y la bicicleta eléctrica***

En general, podemos ver que un vehículo ofrece más posibilidades que una bicicleta, ya que ocupa mucho más volumen y está pensado para más de una persona, aunque esto se puede ver limitado, puesto ya que nos centramos en recorridos que se hacen en ciudad.

Como se puede ver en la tabla también, el vehículo tiene la posibilidad de llevar objetos gracias a su maletero, mientras que una bicicleta eléctrica tiene muy limitado el espacio para poder llevar cualquier objeto. Otros de los puntos a favor del vehículo con motor térmico es el límite de velocidad que tiene para poder moverse por ciudad, ya que este puede ir a una velocidad superior que la bicicleta eléctrica.

Otro punto importante que veremos, a continuación, es la disponibilidad para cargar el combustible. En el caso del automóvil es relativamente sencillo, ya que Barcelona dispone de una gran cantidad de gasolineras por lo que, en caso de necesitar combustible, las infraestructuras actuales permiten hacerlo de forma sencilla, sin complicaciones.



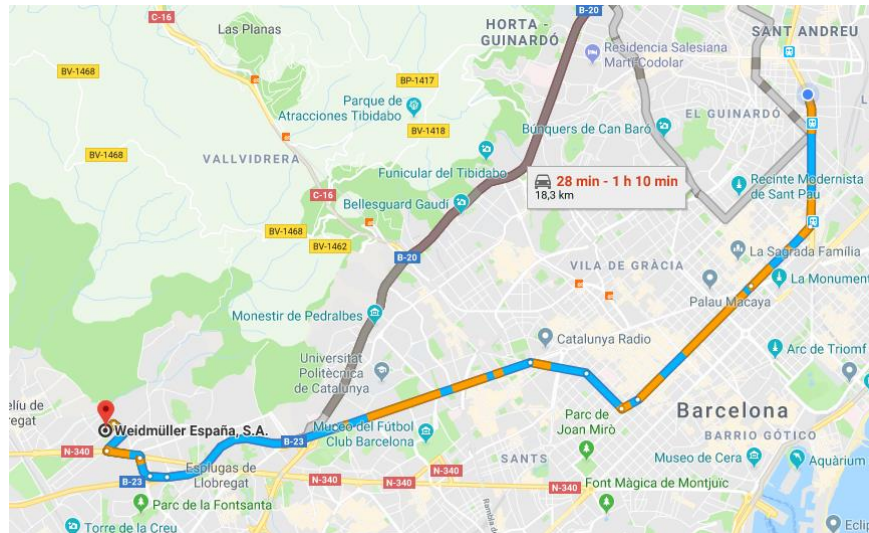
*Ilustración 17: Gasolineras ubicadas en Barcelona*

Otro tema muy importante es el tiempo de transporte desde el punto inicial, al punto de trabajo puesto que, tanto los vehículos a combustión como el ciclomotor, utilizarán los mismos carriles para moverse y los posibles problemas de tráfico les va a afectar a todos por igual, cosa que comentaremos en posteriores comparativas.

Por último, nos queda saber el tiempo que se puede tardar en desplazarse, por ciudad, desde La Sagrera hasta el lugar de trabajo, para poder realizarlo en las mismas condiciones que la bicicleta, el desplazamiento se hará por zona urbana, sin utilizar rondas ni autopistas, además el desplazamiento se realizará a la misma hora a la que parte la bicicleta, entre las 7 y las 7:15 de la mañana.

Para poder calcular el tiempo de tardamos, en este caso, podemos utilizar 2 formas aproximadas, una será mediante el apoyo de *Google Maps*, que nos puede aproximar, mediante un histórico de flujo de vehículos y tráfico, cuanto tiempo podemos tardar.

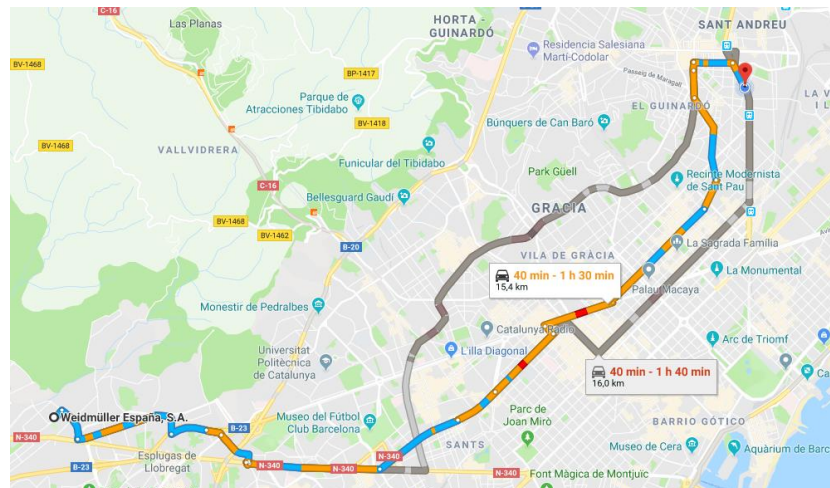




*Ilustración 18: Pronóstico de tiempo necesario para el recorrido del coche de ida.*

Como se puede apreciar en la imagen, *Google Maps*, nos ofrece un mínimo y un máximo (desde 28 minutos hasta 1h y 10 minutos) de tiempo que se puede tardar en realizar el trayecto de ida, esto vendrá influenciado, por el flujo de vehículos que pueda haber por ciudad y por otros factores, como obras, accidentes, etc.

Mientras que, para el tiempo aproximado que se puede tardar para el retorno, el pronóstico de tiempo es más pesimista.



*Ilustración 19: Pronóstico de tiempo necesario para el recorrido del coche de vuelta.*

Como se puede apreciar en la ilustración 19, vemos que el tiempo de desplazamiento de retorno es mayor al de ida, pudiendo llegar a tardar 1h y media para poder volver, un dato esperado que refleja el gran problema de movilidad que sufren las grandes ciudades.



La segunda forma de poder saber el tiempo que se tarda en realizar este trayecto es realizando empíricamente este viaje, tal y como se hizo con la bicicleta eléctrica, de esta forma, también puede dar validez al tiempo estipulado por *Google Maps*.

Una vez realizados los desplazamientos durante 5 días distintos, vemos que el rango del tiempo medio en realizar el desplazamiento ha sido de aproximadamente 35 minutos en 3 días para los días que menos se ha tardado y aproximadamente 1 hora en los otros 2, siendo estos últimos los días en los que más tarde se sale de casa.

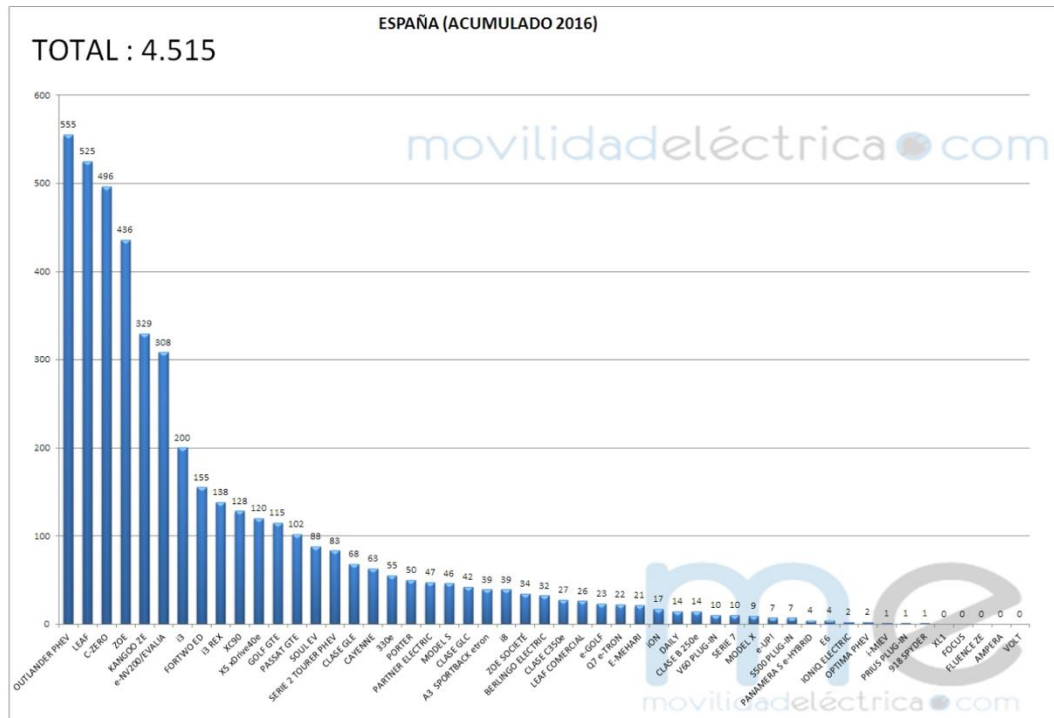
Mientras que, para el caso de retorno, en todos los trayectos se ha tardado un intervalo 40 minutos a 90 minutos. Con los valores obtenidos en las pruebas del coche, podemos dar validez a los rangos de tiempo aportados por *Google Maps*. Por lo que podemos definir los tiempos de desplazamientos del Citroën:

$$T_{vehículo\ a\ combustión.ida} = 30 - 60\ min$$

$$T_{vehículo\ a\ combustión.vuelta} = 40 - 90\ min$$

## 4.5 Comparativa con vehículo eléctrico

Para esta comparativa, como en el caso anterior, elegiremos el automóvil eléctrico más vendido del año pasado, que es el *Nissan Leaf*, como se puede ver en la siguiente imagen:



Ventas acumuladas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en España (Diciembre 2016)

**Ilustración 20:** Número de ventas total de VE y VHE en España en 2016 (fuente: *movilidadelectric.com*)

### 4.5.1 Datos técnicos vehículo (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.)

Como podemos ver en la gráfica anterior, a parte del *Nissan Leaf* aparece otro automóvil como vehículo más vendido, cosa que hemos tenido en cuenta, ya que se trata de un automóvil híbrido *VHE*, lo que significa que tiene un motor a combustión y un motor eléctrico. A continuación, ofreceremos los valores necesarios para llevar a cabo los mismos cálculos, a la hora de realizar la comparativa con la bicicleta eléctrica.



*Ilustración 18: Imagen de Nissan leaf, modelo 2016*

Datos técnicos		
Precio	23.270 €	
Potencia	80	kW
Consumo	19,4	KWh/100Km
Combustible	Electricidad	
Precio combustible	0,117	€/kWh
Capacidad	24	kWh
Tiempo de carga	10	h
Seguro	207	€

**Tabla 6:** Datos Nissan Leaf

Como podemos apreciar, en este caso, al ser un coche eléctrico, no necesitamos información sobre el combustible, puesto que ya contamos con estos datos y podemos empezar a utilizarlos para llevar a cabo nuestros cálculos.

Ahora podemos saber el consumo energético del automóvil por trayecto. Cabe remarcar que para este cálculo tenemos presente el tramo donde hay pendiente.

$$\text{Consumo energético} = \text{trayecto} \cdot \text{consumo}$$

Siendo:

$$\text{consumo} = 0,194 \text{ kWh/km}$$

$$\text{Trayecto} = 27.2 \text{ km}$$

$$\text{Consumo energético} = 5,16 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}}$$

y el gasto energético de forma aproximada seria:

$$\text{Gasto energético} = p_{kWh} \cdot \text{consumo energético}$$

Siendo:

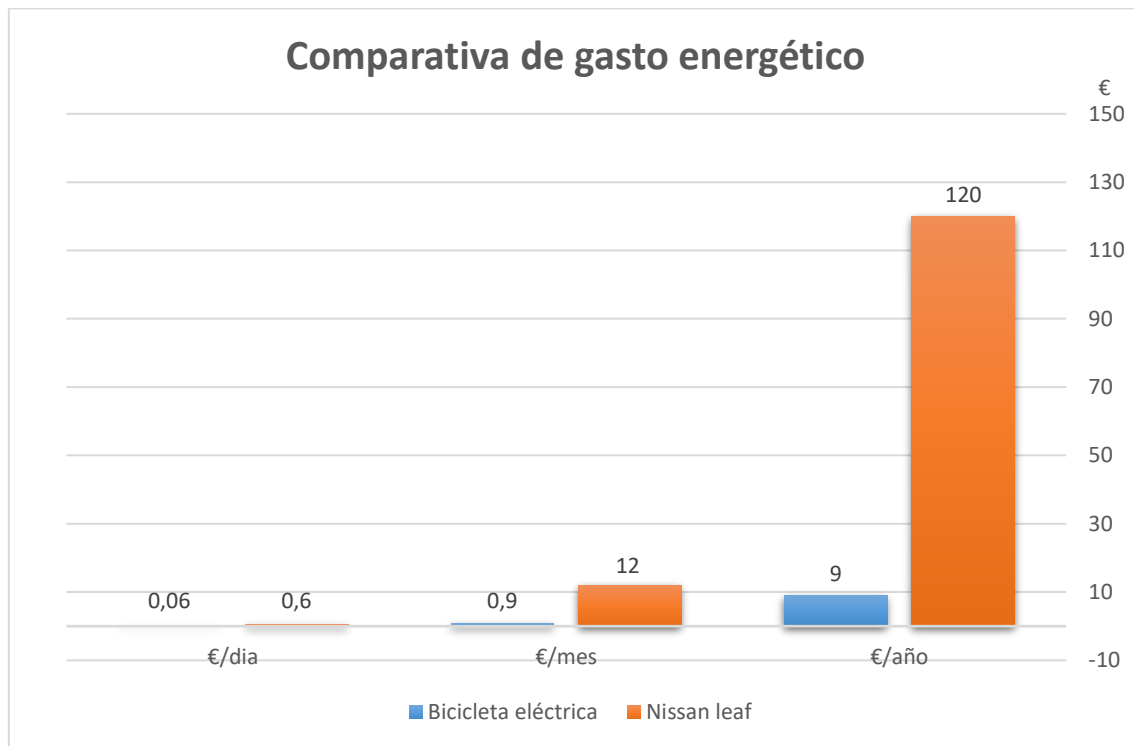
$$p_{kWh} = 0,117 \text{ €/kWh}$$

$$\text{Gasto energético} = 0,6 \text{ €/dia}$$

Al igual que con el automóvil a combustión y con la bicicleta, utilizaremos las mismas hipótesis sobre el uso (días laborales, descontando festivos) para hacer una comparativa sobre el consumo energético y representarlo en una gráfica.



#### 4.5.2 Comparativa técnico/económica



*Ilustración 21: Comparativa de consumo energético entre automóvil eléctrico y bicicleta eléctrica*

La comparativa muestra que ambos vehículos tienen un consumo bastante reducido y que el consumo del automóvil no es tan elevado con respecto al consumo de la bicicleta eléctrica, un dato bastante interesante.

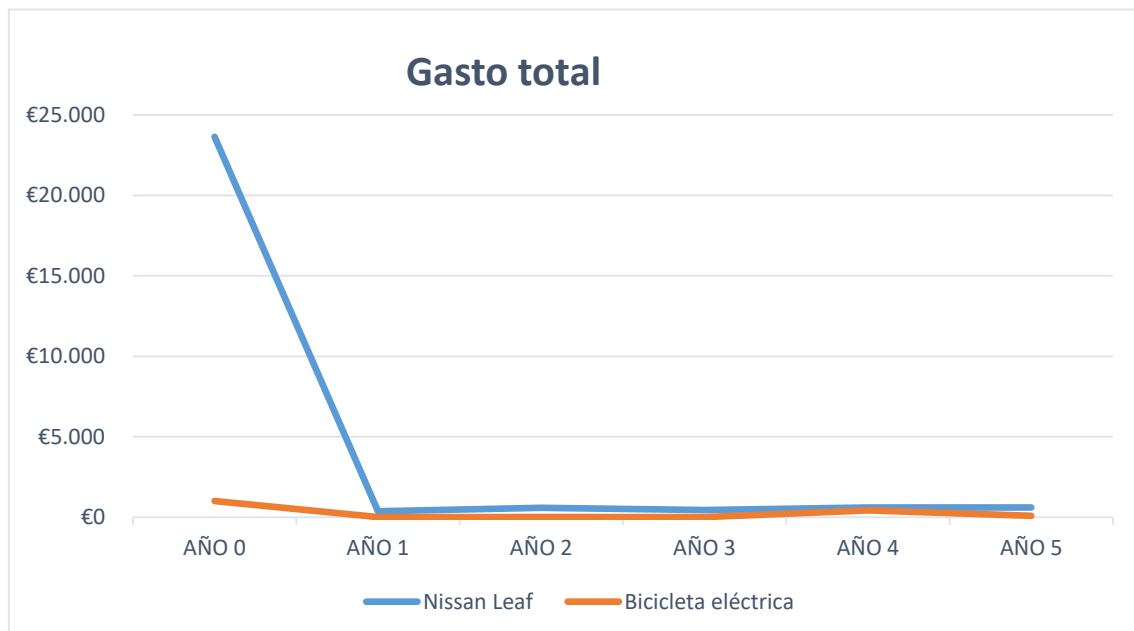
Una vez tenemos la gráfica representada, vamos a calcular la parte de mantenimiento del automóvil eléctrico, por lo que a continuación mostraremos una tabla con las principales partes que requieren un mantenimiento.

Reparación	Kilometraje (km)	Gastos (€)
Revisión, luces, escobillas, etc.	8000	60
Aceite y filtros	120000	60
Neumáticos, bujías y líquido de frenos	50000	500
Batería, airbags, aire acondicionado	120000	250
Pastillas de freno	20000	150
Discos de freno	80000	200
Amortiguadores	20000	150
Otros (seguros accidentes)		207

**Tabla 7:** Datos mantenimiento durante su vida útil del Nissan Leaf

Como podemos comprobar, el mantenimiento, comparado con el automóvil de combustión es menor, aparte de que en temas como pueden ser el remplazo de aceites y de frenos, aumenta el kilometraje gracias a que se reduce su uso. Ello se debe a que la gran mayoría de vehículos eléctricos disponen de ‘frenada regenerativa’, esto se debe a que cuando el motor no está acelerando, este aprovecha la energía cinética del vehículo para transformarla en energía eléctrica y almacenarla.

A continuación, con la tabla ya definida (precios de adquisición ambos vehículos y sus respectivos gastos) podremos presentar la comparativa de gasto total:



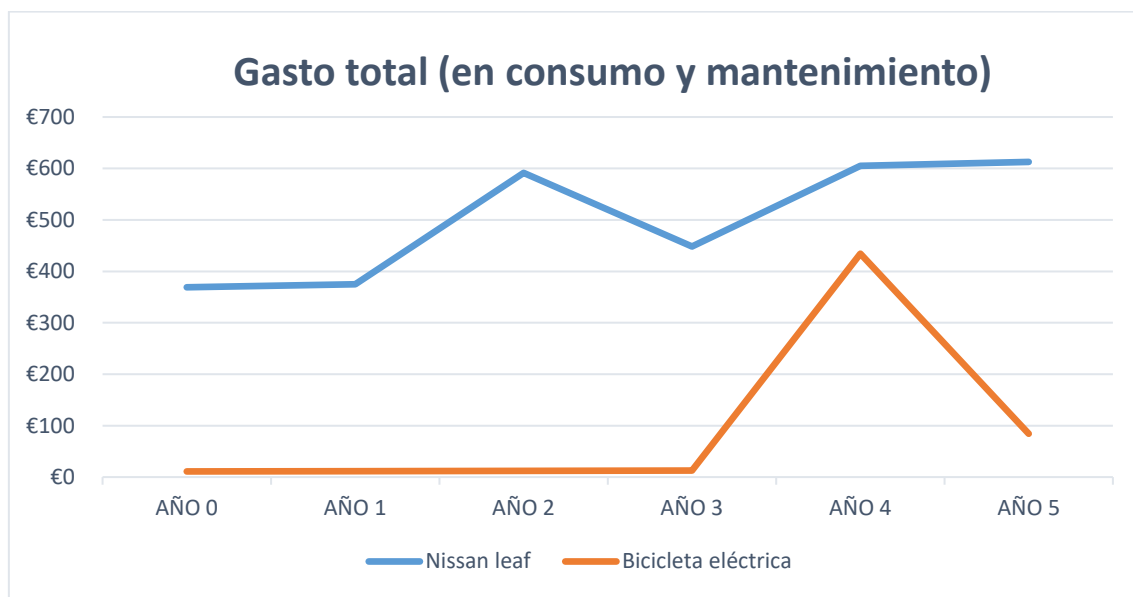
**Ilustración 22:** Comparativa de gasto total entre Nissan Leaf y bicicleta eléctrica

Como podemos ver en la ilustración 22. Existe una gran diferencia entre el precio del vehículo eléctrico y la bicicleta eléctrica, ya que como podemos ver, en el año 0, donde se realiza el pago al contado del vehículo, el precio del *Nissan Leaf* es tan elevado que no permite ver la diferencia de los gastos de ambos vehículos con respecto a años posteriores, por lo que, volveremos a añadir la gráfica, pero no tendremos en cuenta en la gráfica de la ilustración 23 el coste del vehículo eléctrico, ni de la bicicleta eléctrica tampoco.

Actualmente y a lo largo de los últimos años, existe la posibilidad de obtener diferentes tipos de ayudas, por parte del Gobierno y también de algunas comunidades autónomas,

para adquirir un vehículo eléctrico, ya sea el plan MOVEA o el plan MOVALT, aunque cada año disponen de menor presupuesto y son cada vez más restrictivos respecto al tipo de vehículo, a la hora de otorgar las ayudas. En este caso, no tendremos en cuenta ningún tipo de ayuda.

Por lo que respecta a poder hacer la misma comparativa con un *Nissan Leaf* de segunda mano, como la oferta de estos vehículos es prácticamente nula, resulta muy complicado obtener suficiente información, por lo cual, no la podremos realizar.



**Ilustración 23:** Comparativa de gasto total en consumo y mantenimiento entre automóvil eléctrico y bicicleta eléctrica.

Como se puede ver, la diferencia entre los gastos totales de consumo y mantenimiento de ambos medios es considerable, aunque esta diferencia se reduce respecto al otro automóvil de combustión. El único momento de la gráfica donde el gasto de ambos puede ser similar es cuando se reemplaza la batería de la bicicleta eléctrica. Cabe comentar que gran parte de los gastos del *Nissan Leaf* se deben al seguro. En el caso del seguro, elegimos siempre la opción más económica (seguro a terceros) para no aumentar más diferencias en las comparativas, aun así, este gasto es muy elevado.

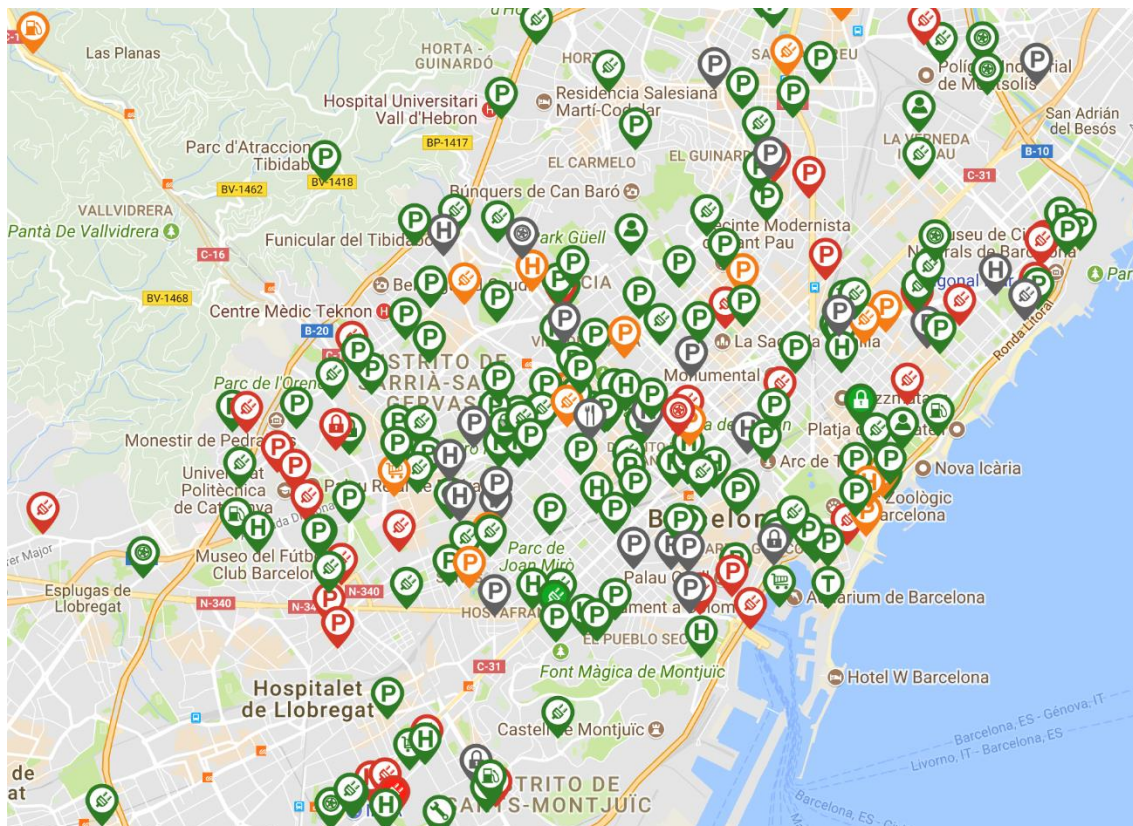
A continuación, expondremos otros puntos que pueden interesar, a la hora de hacer la comparativa entre el *Nissan Leaf* y la bicicleta eléctrica



	Nissan Leaf	Bicicleta
Ocupantes	5	1
Maletero	Si	No
Seguro	Obligatorio	Opcional
Uso de Autopista y autovías	Permitido	Prohibido

**Tabla 8:** Otros datos sobre el vehículo eléctrico y la bicicleta eléctrica

Como podemos observar en esta tabla, no cambia mucho la información respecto al automóvil de combustión. Ahora comentaremos otras cuestiones igual de importantes, como es el caso de los puntos de recarga para coches eléctricos.



**Ilustración 24:** Puntos de recarga para coches eléctricos ubicados en Barcelona  
(fuente: [www.electromap.com](http://www.electromap.com))

Tal como se puede ver en la siguiente imagen, la zona metropolitana de Barcelona dispone de un gran número de puntos de recarga para coches eléctricos. La gran mayoría se encuentran en parkings, mientras que el resto se ubican cerca de hoteles, centros comerciales o puntos de la superficie específicamente situados. Como conclusión, Barcelona dispone de varios puntos de recarga, por la zona más concurrida, pero la mayoría están dentro de un parking, por lo que esto puede no resultar lo más cómodo para conductor si necesita recargar su vehículo durante un trayecto.

Otro dato importante en esta comparativa es que la bicicleta eléctrica resulta una opción mucho más económica. El consumo puede considerarse proporcional al número de pasajeros e igual de sostenible que el *Nissan Leaf*, debido a las nulas emisiones de CO<sub>2</sub> que el automóvil genera. Aun así, la opción de usar un vehículo eléctrico puede resultar prohibitiva por su elevado coste, aunque interesante debido a su bajo gasto en mantenimiento y consumo energético.

Por lo que respecta al tiempo de transporte del trayecto, hablaremos de ello una vez realizadas todas las comparativas, ya que el aspecto de movilidad urbana afecta por igual a todos los vehículos involucrados en este estudio.

Para el cálculo del tiempo, como en aspectos de movilidad, un vehículo eléctrico es semejante a uno de combustión, podemos utilizar los mismos intervalos de tiempo que tardaría el *Nissan Leaf* en realizar el trayecto, tanto de ida como de vuelta.

$$T_{vehículo\ eléctrico\ .ida} = 30 - 60\ min$$

$$T_{vehículo\ eléctrico\ .vuelta} = 40 - 90\ min$$

#### 4.6 Comparativa con ciclomotor

Para este caso, el ciclomotor que hemos elegido es el más vendido del año 2016: Se trata del *Scooter Agility*, de la marca *Kymco* (fuente: *ANESDOR*, Asociación nacional de empresas del sector de dos ruedas).



*Ilustración 25: Vista lateral del scooter Agility Kymco, modelo más vendido del 2016, (fuente: Kymco.es)*

#### 4.6.1 Datos técnicos (inversión inicial, consumo, vida útil, mantenimiento, etc.)

Para este ciclomotor, buscaremos los datos técnicos y económicos del modelo y del combustible (gasolina sin plomo 95) al igual que hicimos con el vehículo a combustión, los datos son los que mostramos a continuación en la siguiente tabla:

Datos técnicos		
Precio	1.550 €	
Potencia	3,3	kW
Consumo	0,03	l/km
Combustible	Gasolina sin plomo 95	
Precio combustible	1,26	€/l
ITV	21.32	€
Depósito	5	l
Poder calorífico	12,09	kW/kg
Emisiones CO2	0,073	kg/km

**Tabla 9:** Datos generales de ciclomotor

Un punto importante que comentar de la Table 9, es que, el proveedor no ha podido facilitar la información del consumo del ciclomotor, por lo que, se ha elegido un valor que sea acorde con la mayoría de ciclomotores.

En este caso, a diferencia del automóvil, debemos de tener en cuenta que el combustible usado es distinto. Buscamos, a continuación, la información necesaria para llevar a cabo los mismos cálculos con un combustible diferente.

Gasolina sin plomo 95		
Densidad	0,75	gr/cm3
Poder calorífico	42,2	MJ/kg
Densidad energética	31,65	MJ/l

**Tabla 10:** Información general de la gasolina sin plomo 95

Con estos datos podemos empezar a calcular el gasto energético, económico y ambiental del ciclomotor.

Sabiendo que:

$$\rho_E = P_{CI} \cdot \rho$$

$\rho_E$ : Densidad energética

$P_{CI}$ : Poder calorífico

$\rho$ : Densidad

$$\rho_E = 31,65 \text{ MJ/l}$$

Ahora podemos saber el consumo energético del vehículo.

$$\text{Consumo energético} = \rho_E \cdot \text{consumo}$$

Sabiendo que:

$$\text{consumo} = 0,03 \text{ l/km}$$

$$1\text{MJ} = 0,2778 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo energético} = 0.26 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}$$

Y el consumo de combustible aproximado, al igual que con el vehículo a combustión, tendremos en cuenta el consumo de gasolina por kilómetro y la distancia que ha de recorrer el ciclomotor al día:

$$\text{Consumo}_{\text{gasolina}} = \text{trayecto} \cdot \text{consumo} \quad (19)$$

Siendo:

$$\text{consumo} = 0,03 \text{ l/km}$$

$$\text{trayecto} = 27,2 \text{ km/día}$$

$$\text{Consumo}_{\text{Gasolina}} = 0,82 \text{ l/día}$$

Con el siguiente valor calculado, ahora podemos calcular el gasto energético que tiene recorrer la distancia fijada, ahora con este valor, podemos calcular el gasto energético que conlleva usar la gasolina en este trayecto.

$$\text{Gasto energético} = \text{Pr}_{\text{Gasolina}} \cdot \text{Consumo}_{\text{gasolina}}$$

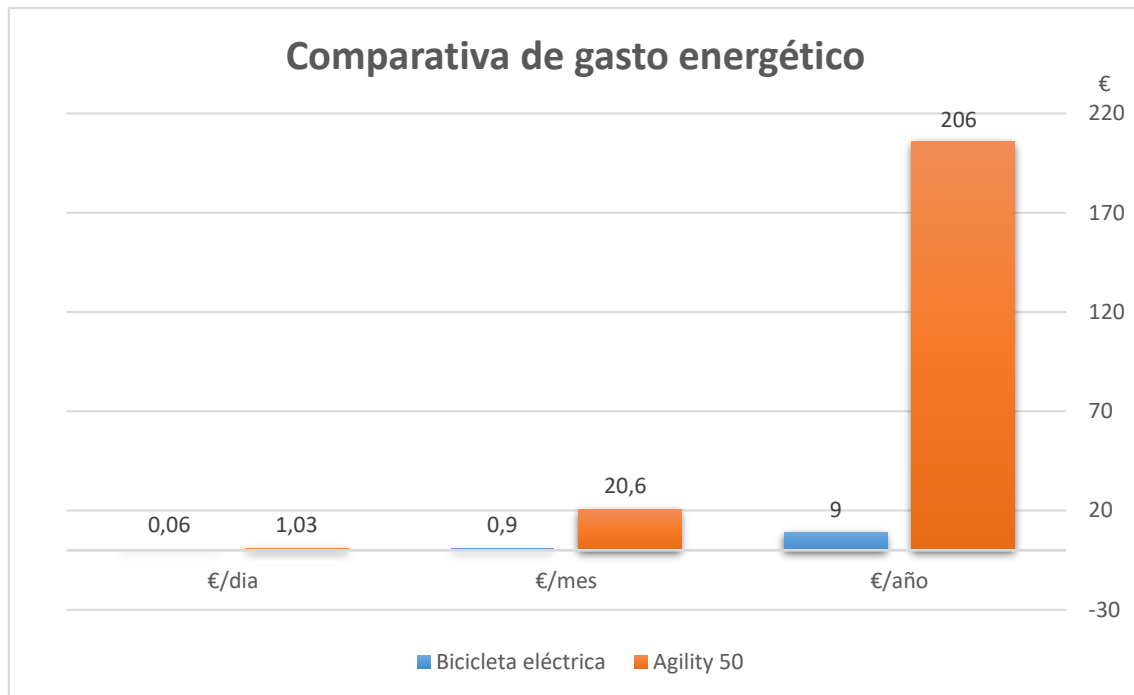
Sabiendo que:

$$\text{Pr}_{\text{Gasolina}} = 1.26\text{€/l}$$

$$\text{Gasto energético} = 1.03 \text{ €}$$

Con los cálculos que hemos realizado sobre el consumo energético, podemos hacer una comparativa gráfica del ciclomotor y la bicicleta eléctrica durante diferentes fases de tiempo.

#### 4.6.2 Comparativa técnico/económica



*Ilustración 26: Gasto energético en diferentes fases de tiempo*

Cabe destacar que entre el ciclomotor y el vehículo a combustión hay una gran diferencia en consumo energético. Aun así, la comparativa con la bicicleta eléctrica sigue siendo muy diferenciada, debido al muy bajo consumo de ésta. Podemos decir que un ciclomotor consume aproximadamente 10 veces más de lo que consume una bicicleta eléctrica para un mismo desplazamiento.

Pero esto no queda aquí, ahora hemos de tener presente más detalles que pueden ahondar, o no, en las diferencias que existen entre el ciclomotor y la bicicleta eléctrica.

#### Gastos mantenimiento

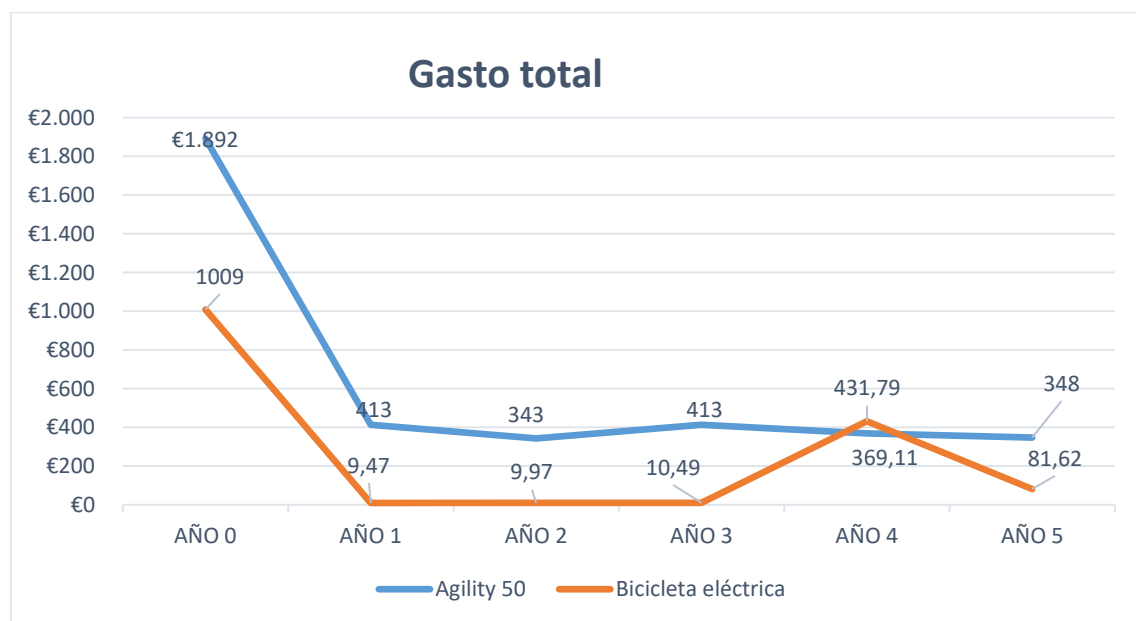
Vamos a hacer un listado de los principales componentes de un ciclomotor que necesitan mantenimiento y cada cuánto, según kilometraje, hace falta realizar la acción de mantenimiento, así como su coste. La lista es la siguiente:

Mantenimiento		
Reparación	Kilometraje (km)	Gastos (€)
Revisión, luces, escobillas, etc.	6000	30
Neumáticos, bujías y líquido de frenos	6000	15
Batería, airbags, aire acondicionado	8000	25
Correas de distribución y accesorios	12000	15
Pastillas de freno	20000	20
Discos de freno	6000	40
Catalizador	8000	35
ITV		21,32
Matrícula		74
Otros		268

**Tabla 11:** Gastos mantenimiento de ciclomotor

Con toda la lista de consumos y gastos ya calculados, podemos comenzar a realizar una comparativa aún más detallada de la diferencia que hay entre el ciclomotor y la bicicleta. Por nuestra parte, el mantenimiento de la bicicleta, tal como ya habíamos indicado anteriormente, será el de la batería y el de las llantas, ante un posible pinchazo.

Por lo que, con el resto de datos de las tablas, podemos empezar a realizar la comparativas de los gastos totales de la bicicleta con el ciclomotor.





**Ilustración 27:** Gasto total (coste de adquisición y gastos de mantenimiento y consumo)

Podemos confirmar que, gracias al pobre consumo energético que tiene la bicicleta, la diferencia sigue siendo muy grande con respecto al ciclomotor, al igual que con el vehículo a combustión.

Un dato interesante es ver como el precio de una bicicleta eléctrica es muy parecido al de un ciclomotor recién comprado, por lo que esta comparativa puede ser muy útil para aquellas personas que dispongan de un presupuesto ajustado y tengan como necesidad desplazarse únicamente por ciudad y no sean consciente de las ventajas de la bicicleta eléctrica.

Comentar, además, que partimos de vehículos comprados en concesionarios, no en el mercado de segunda mano. En el caso del ciclomotor, podemos conseguir ciclomotores con las mismas características por un precio entre 600 y 800 €, mientras que el mercado de segunda mano de bicicletas eléctricas es muy pequeño y la poca oferta mantiene un precio similar, entre 600 y 1000€. Esto podría variar bastante la comparativa, haciendo que la inversión de un ciclomotor pueda ser más económica que una bicicleta eléctrica.

También podemos apreciar que la bicicleta, durante una parte del quinto año, puede llegar a tener un coste mayor que el ciclomotor, ya que ese año justamente se ha de remplazar la batería. Sin embargo, el resto del tiempo sigue siendo más económica la bicicleta, que el ciclomotor.

Otro aspecto que se ha de tener en cuenta con el ciclomotor es la posibilidad de puntos de recarga de combustible que, al igual que sucede con el automóvil, no supone ningún problema, gracias al gran número de gasolineras que hay en Barcelona y al poco tiempo que se tarda en cargar un ciclomotor, mientras que una bicicleta eléctrica, no tiene puntos de recarga.

Por otra parte, cabe tener presente otros aspectos que también marcan diferencias entre ambos vehículos.

	Ciclomotor	Bicicleta
Ocupantes	2	1
Maletero	Si	No
Seguro	Obligatorio	Opcional
Uso de autopistas y autovías	Prohibido	Prohibido

**Tabla 12:** Otros datos del ciclomotor y bicicleta eléctrica

Como podemos apreciar en la tabla, uno de los datos más interesantes es que el ciclomotor no puede circular por autopista o autovía, con lo cual queda igual de limitado que la bicicleta eléctrica. También es de obligado cumplimiento que el ciclomotor tenga seguro y éste es uno de los motivos por el que la comparativa sigue siendo tan diferenciada, con respecto a la bicicleta eléctrica.

Para poder calcular el tiempo que tarda un ciclomotor en realizar el recorrido descrito, nos basaremos en realizar pruebas empíricas, por lo que una vez realizados los ensayos para saber cuánto tiempo se tarda, llegamos a la conclusión que.

$$T_{\text{ciclomotor .ida}} = 30 - 50 \text{ min}$$

$$T_{\text{ciclomotor .vuelta}} = 40 - 90 \text{ min}$$

## 4.7 Comparativa con transporte público

Para esta comparativa, primero necesitamos saber cuáles son los medios públicos de transporte que podemos utilizar. Una vez elegido o elegidos los medios de transporte públicos, procederemos a calcular su coste.

### 4.7.1 Datos transporte

Escogeremos el trayecto cuyo recorrido se realice en el periodo más breve de tiempo y ese trayecto combina metro y tranvía, por lo que analizaremos el tiempo del recorrido, primero y calcularemos el coste que supone usar el transporte público, después. Es importante recordar que, para el caso del metro, es posible obtener un cálculo aproximado del tiempo que tarda, debido a que diferencia con otros vehículos, éste dispone de una vía especial bajo tierra, con lo cual queda exento del todo problema de movilidad.

Por una parte, para poder saber el tiempo necesario que se puede tardar, necesitamos consultar cuántas paradas de metro recorreremos, a la vez que también hemos saber cuál es la velocidad media del metro.

Metro	Metro	Kms Km*	Estacions Stations	Ample de via Rail gauge	Trens en línia hora punta Trains running at rush hour	Interval de pas en hora punta Interval at rush hour	Velocitat comercial Commercial speed
(31.12.2016)							
Línia 1	Line 1	20,2	30	1.674 mm	26	3'44"	26,80 km/h
Línia 2	Line 2	12,8	18	1.435 mm	19	3'28"	25,70 km/h
Línia 3	Line 3	17,8	26	1.435 mm	26	3'21"	26,60 km/h
Línia 4	Line 4	16,5	22	1.435 mm	19	4'03"	28,40 km/h
Línia 5	Line 5	18,6	26	1.435 mm	30	2'58"	26,34 km/h
Línia 9 Nord/10	Line 9 Nord/10	10,4	12	1.435 mm	6/4	6'00" **	29,25/32,40 km/h
Línia 9 Sud	Line 9 Sud	19,7	15	1.435 mm	9	7'19"	38,2 km/h
Línia 11	Line 11	2,3	5	1.435 mm	2	7'30"	24,00 km/h
Funicular	Funicular railway	0,7	2	1.200 mm	2	10'00"	18,00 km/h
<b>Total xarxa</b>	<b>Total network</b>	<b>119,0</b>	<b>156</b>		<b>143</b>		

\* Revisió del criteri de mesura per adequar-se als estàndards internacionals del transport ferroviari. Es mesura la distància tenint en compte la via en servei comercial

\* Review of measuring criterion to adapt to international rail transport standards. Distance measured considering tracks in commercial service

\*\* L'interval de 6' és el vàlid per al tram individual de la L9 Nord i L10, en el tram comú és de 3'

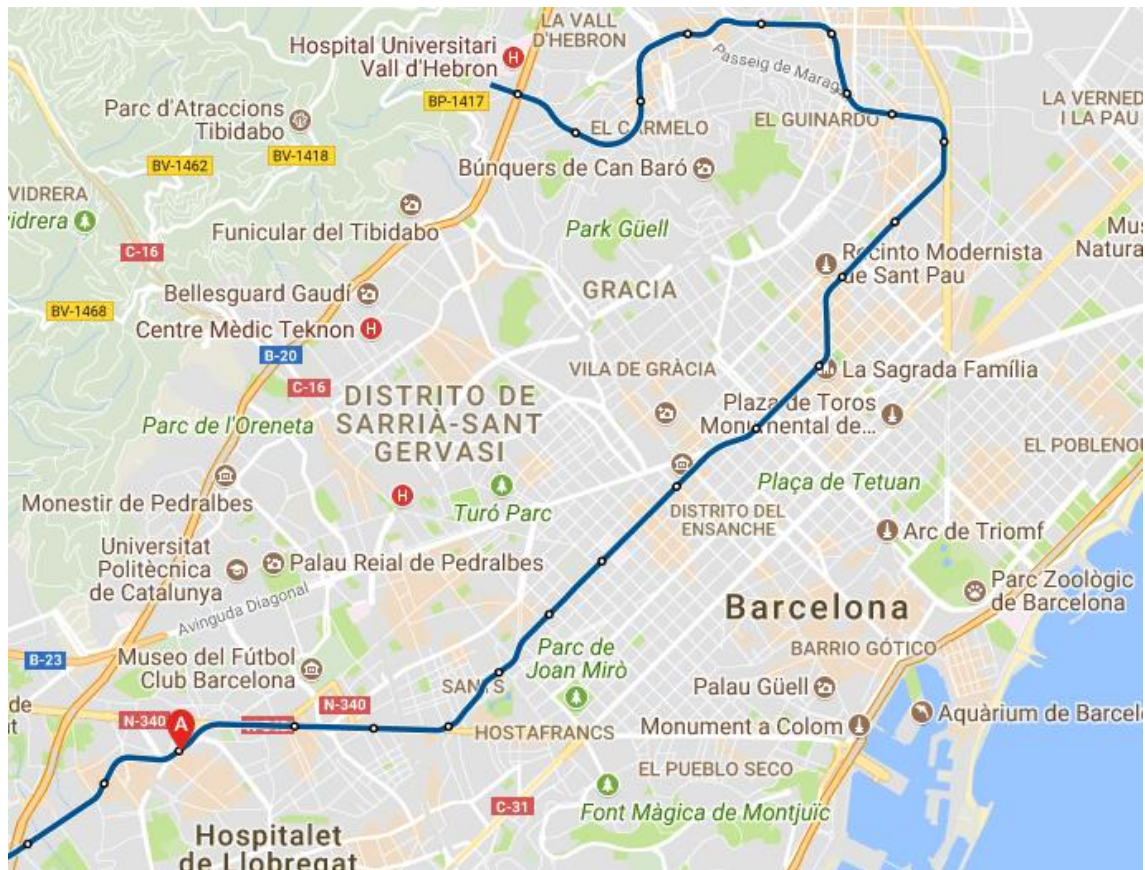
*Il·lustració 28: Tabla informativa donde se indica la velocidad del metro de Barcelona (fuente: [www.Tmb.cat](http://www.Tmb.cat))*

La línea elegida va a ser la línea azul, ya que es la única que hace transbordo con el tranvía. El número de paradas de metro que hay en total son 12, tal como puede verse en la siguiente imagen:



**Ilustración 29:** Tabla informativa donde se indica con una línea roja el número de paradas por recorrer (fuente: [www.Tmb.cat](http://www.Tmb.cat))

Con esta información podemos empezar a calcular el tiempo aproximado que tarda el metro en recorrer todo el número de paradas. Solamente nos falta la distancia que separa la última parada, de la primera.



**Ilustración 30:** Mapa informativo donde se indica la distancia entre la parada de la Sagrera y la de Pubilla Casas (fuente: [www.Tmb.cat](http://www.Tmb.cat))

Según la información consultada, la distancia entre ambas paradas si la recorremos en el metro, es de 9,3 km, por lo que ahora ya podemos realizar los siguientes cálculos:

Metro	Valores	Unidades
Velocidad media	26,3	km/h
Número de paradas	12	Paradas
Distancia	9,3	km
Tiempo en parada	0,5	min

**Tabla 13:** Tabla informativa donde se indica toda la información necesaria para calcular el tiempo de viaje del metro (fuente: [www.Tmb.cat](http://www.Tmb.cat))

$$T_{metro} = n_p \cdot t_p + d \cdot v_m \quad (20)$$

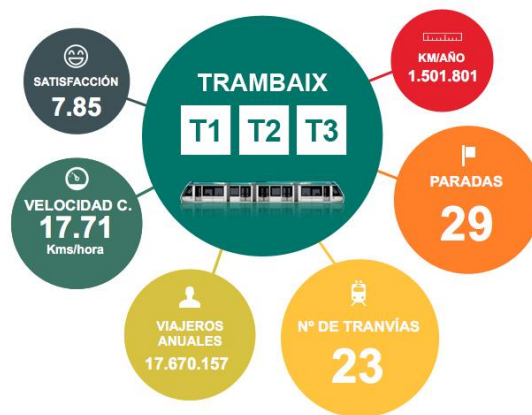
Siendo:

- $n_p$ : numero de paradas
- $t_p$ : tiempo de paradas
- $d$ : distancia entre la última y primera parada
- $v_m$ : velocidad del metro
- $T_{metro}$ : tiempo que tarda el metro

$$T_{metro} = 33,72 \text{ min}$$

Aproximadamente éste es el tiempo que se tarda desde el momento en que subimos al metro, hasta que salimos de él. Ahora nos falta saber el tiempo que tarda en tranvía en hacer su respectivo recorrido.

Comenzaremos realizando las mismas consultas: velocidad comercial del tranvía, número de paradas y distancia entre la última y la primera parada.



**Ilustración 31:** Información sobre la velocidad comercial del tranvía (fuente: [www.tram.cat](http://www.tram.cat))

Tranvía		
Distancia	4,6	km
Tiempo espera por semáforos (factor)	1,1	
Número de paradas	9	
Velocidad media tranvía	17,71	km/h

Tiempo en parada	0,5	min
------------------	-----	-----

**Tabla 14:** Tabla informativa donde se indica toda la información necesaria para calcular el tiempo de viaje del tranvía (fuente: [www.tram.cat](http://www.tram.cat))

$$T_{\text{tranvia}} = n_p \cdot t_p + d \cdot v_t \quad (21)$$

Siendo:

- $t_p$ : tiempo de paradas
- $n_p$ : Número de paradas del tranvía
- $d$ : distancia entre la última y primera parada
- $v_t$ : velocidad del tranvía
- $T_{\text{tranvia}}$ : tiempo que tarda del tranvía

$$T_{\text{tranvia}} = 22,1 \text{ min}$$

Hemos de tener en cuenta que el tranvía, al no ir bajo tierra, ha de respetar las señales de circulación, tal como le sucede al resto de vehículos, lo que incluye los semáforos, cosa que puede influir, debido al tiempo de espera a lo largo del trayecto. Con el cálculo de ambos tiempos, sabremos cuanto tiempo se tarda en llegar con transporte público.

$$T_{\text{transporte}} = T_{\text{tranvia}} + T_{\text{metro}} \quad (22)$$

Siendo:


$T_{\text{transporte}}$ : tiempo total en transporte público

$$T_{\text{transporte}} = 55,8 \text{ min}$$

Para poder evaluar el tiempo de transporte, necesitamos saber cuánto tiempo tarda la bicicleta eléctrica en hacer el mismo recorrido y también, el resto de los vehículos.

En la parte económica del transporte público hay diferentes tipos de tarifas para suscribirse, que van en función del uso y las zonas según queramos desplazarnos, ya sea por Barcelona o por diferentes comarcas. Como nuestro proyecto está acotado al desplazamiento por ciudad y a un uso diario, la opción optima será usar el abono T-trimestral.






► **Tarjeta T-10**

Un abono de 10 viajes para viajar solo o acompañado en todos los operadores del Sistema Tarifario Integrado.


**Precio:** 1 zona / Desde 10,20 €



► **Tarjeta T-50/30**

Un abono individual que te permite realizar hasta 50 viajes en 30 días en todos los operadores del Sistema Tarifario Integrado.

**Precio:** 1 zona / Desde 43,50 €




► **Tarjeta T-mes**

Un abono a tu nombre con viajes ilimitados durante un mes en todos los operadores de transporte integrados.

**Precio:** 1 zona / Desde 54 €

➔



► **Tarjeta T-trimestre**

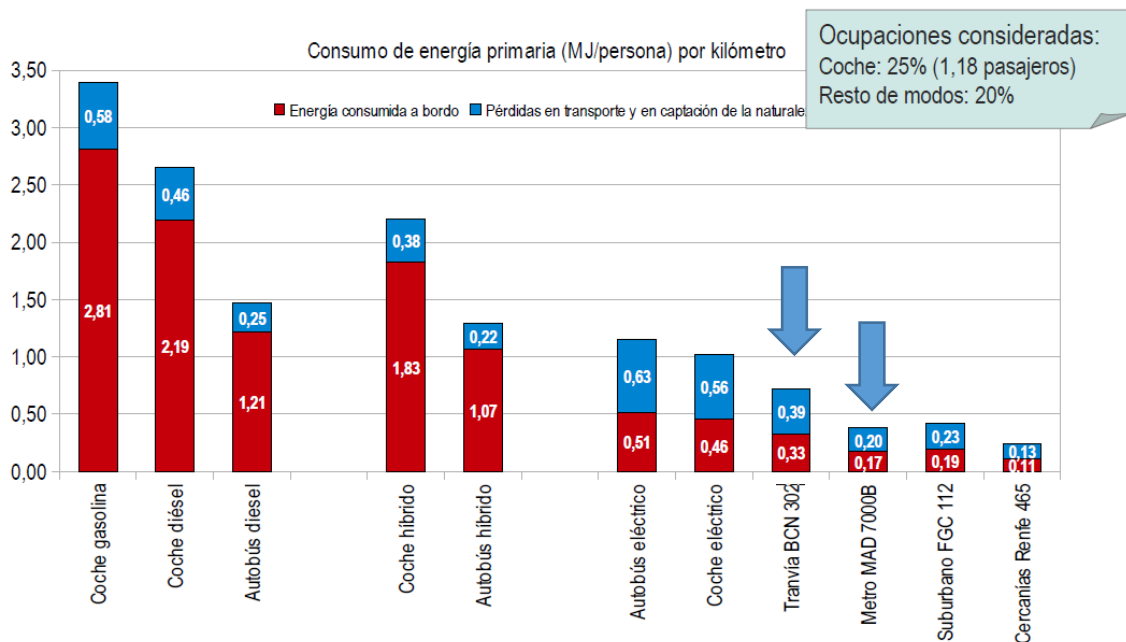
Un abono a tu nombre con viajes ilimitados durante 90 días en todos los operadores de transporte integrados.

**Precio:** 1 zona / Desde 145,30 €

**Ilustración 32:** Precios de las diferentes tarjetas de transporte público (fuente: tmb.cat)

Para esta comparativa elegiremos la opción más económica, que es la opción de la tarjeta *T-trimestre*, con un coste de 145,3 € cada 3 meses, esta tarjeta, sirve tanto para el uso cotidiano del metro y también del tranvía, de forma ilimitada.

Por último, falta saber el consumo energético de un metro y también del tranvía por persona, Para ello, utilizaremos un trabajo sobre eficiencia energética que realizó el Gobierno del País Vasco sobre el consumo energético de los diferentes medios de transporte.



**Ilustración 33:** Consumo de diferentes medios de transportes públicos.

Como se puede apreciar, tenemos 2 valores que nos serán útiles para poder realizar un cálculo de consumo energético del tranvía y del metro.

$$\text{Consumo Energético}_{\text{tranvía}} = 0.33 \frac{\text{MJ}}{\text{km}}$$

$$\text{Consumo Energético}_{\text{metro}} = 0.17 \frac{\text{MJ}}{\text{km}}$$

Ahora con estos datos podemos calcular el consumo anual en kWh que tienen ambos transportes, seguimos el mismo criterio, que, para los demás vehículos, 10 meses y 20 días laborables por mes, también se tiene en cuenta el paso de unidades de MJ a kWh

$$CE_{\text{diario}} = dt \cdot \text{Consumo Energético}_{\text{tranvía}} + dm \cdot \text{Consumo Energético}_{\text{metro}} \quad (23)$$

Siendo:

$dt$ : Distancia a recorrer por el tranvía

$dm$ : Distancia a recorrer por el metro

$$CE_{\text{diario}} = 0.86 \text{ kWh}$$

$$CE_{\text{mensual}} = 16.6 \text{ kWh}$$

$$CE_{\text{anual}} = 172 \text{ kWh}$$

Por último, nos quedará calcular el gasto que supone desplazar en metro por persona, ya que este gasto viene incluido en la adquisición de la tarjeta trimestral, por lo que, se hará el cálculo del gasto que supone el consumo del transporte público para poder compararlo con el de la bicicleta eléctrica.

$$\text{Gasto energético} = Pr_{\text{kWh}} \cdot CE_x$$

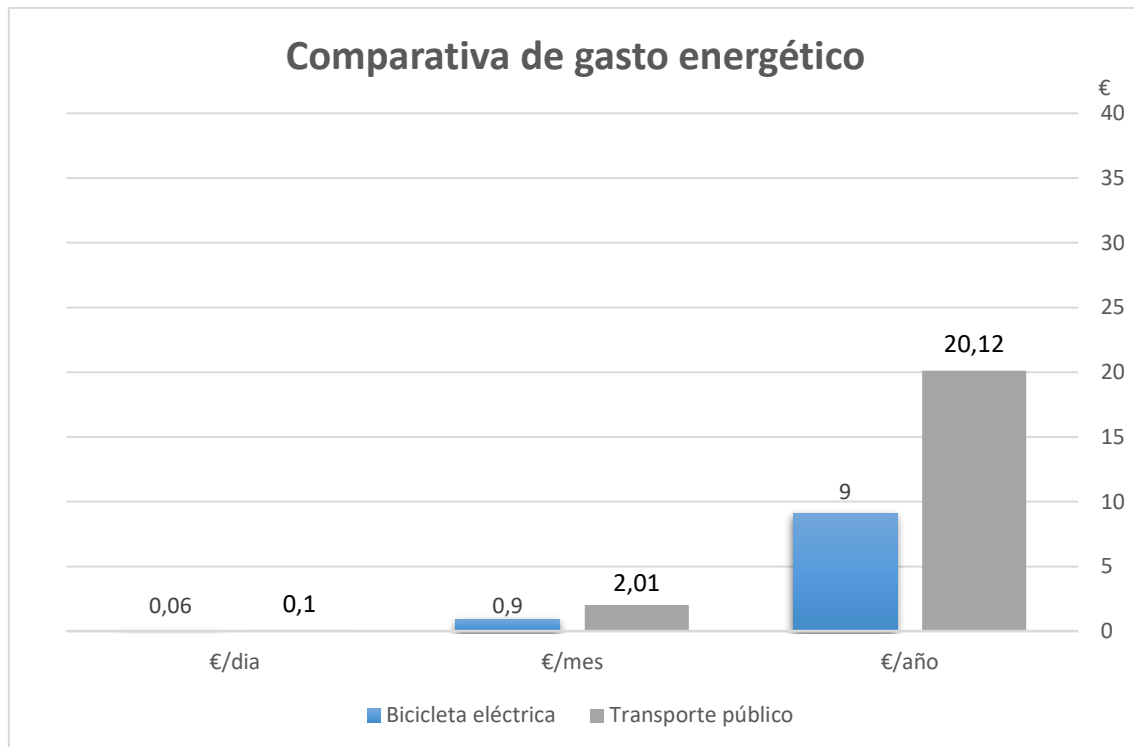
Siendo:

$$Pr_{\text{kWh}} = 0.117 \text{ €/kWh}$$

Con estos resultados, podemos empezar a realizar la comparativa del gasto energético de la bicicleta eléctrica y el transporte público



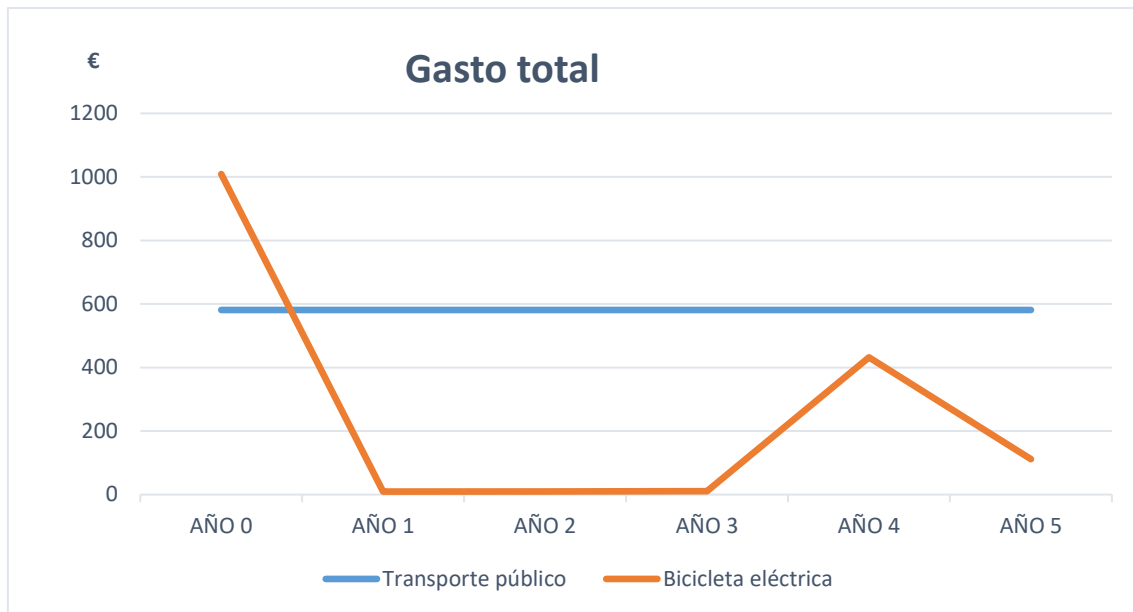
#### 4.7.2 Comparativa técnico/económica



***Ilustración 34:** Comparativa del gasto energético del transportes públicos y bicicleta eléctrica.*

Como podemos ver en la ilustración 34, esta gráfica, el gasto del tranvía y el metro por persona, es el más cercano a la bicicleta eléctrica, aunque este es más del doble, es interesante ver el bajo coste que tiene el transporte público por persona, ya que las anteriores comparativas, el valor era mayor, cabe recordar de que el consumo energético anual por persona del tranvía y del metro es estimado ya que este varía en función de la hora a la que se utiliza (ya que puede ser en hora punta, donde el flujo de persona es mayor y el consumo podría ser menor, o horas donde no hay una gran número de ocupantes) como también de la parte del año en la que estamos.

Con las gráficas ya acabadas, y los valores de los gastos de ambos transportes obtenidos, podemos realizar otra comparativa de gasto anual



*Ilustración 35: Gasto totales entre transporte público y bicicleta eléctrica.*

Como se puede ver en la ilustración 35, se puede ver que la gran diferencia entre ambas formas de transporte radica en que el transporte público no necesita ninguna inversión inicial, solamente del pago de una tarjeta que permite el uso del transporte público durante un tiempo determinado, esto hace ver que durante un corto plazo, el uso del transporte público sea más rentable que usar una bicicleta eléctrica, pero como se puede ver en los siguientes años, esto no sucede, ya que el gasto de la suscripción de la tarjeta de transporte público, es más elevado que el gasto de recargar la bicicleta eléctrica.

Por lo que, el transporte público puede llegar a ser una opción igual de rentable respecto a la bicicleta, ya que esta no requiere de un elevado coste de adquisición, también otro punto igual de importante como puede ser, no hacerse de ningún mantenimiento, pero a medio plazo, puede resultar más caro.

Aparte, para este caso, tal y como hemos acotado el proyecto, la opción de usar el transporte público es una opción muy acertada gracias a que justamente hay la posibilidad de usar un transporte público por la zona descrita. Por lo que, si esta misma comparativa se llega a realizar en otro punto, esto supondría usar otras combinaciones de transporte público (como puede ser, alternar también el uso de buses, los cuales, algunos funcionan con gas natural o con diésel)

Pero en el peor de los casos, podríamos encontrarnos sin posibilidad de poder usar un transporte público próximo al destino debido a la falta de medios. Por lo que, en función de punto de partida y de llegada, la bicicleta eléctrica podría llegar a verse beneficiada o incluso un poco más perjudicada.



## 4.8 Comparativa en movilidad y medioambiente

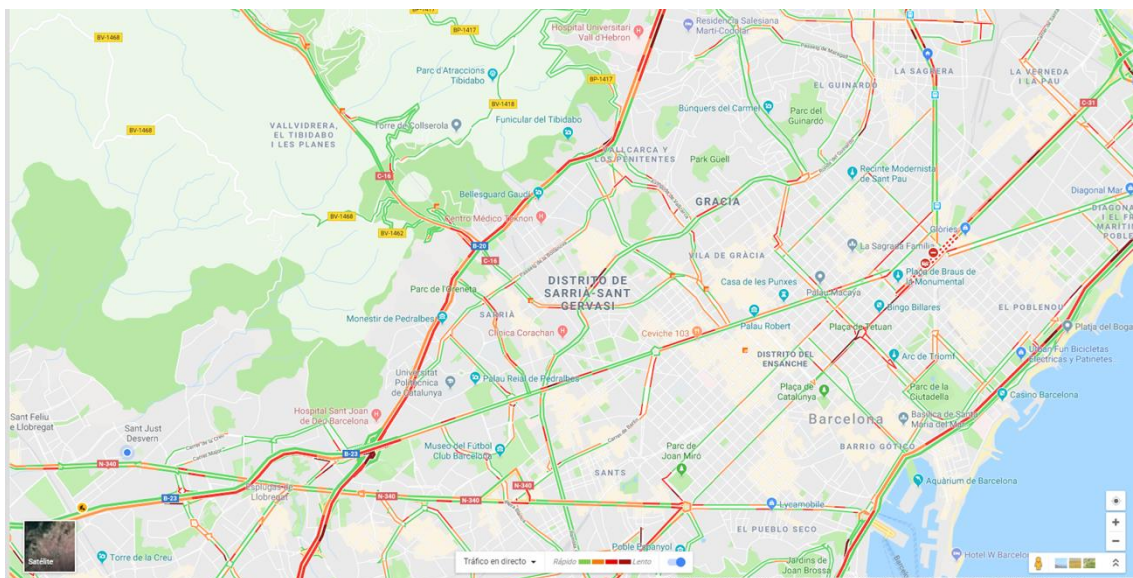
### 4.8.1 Comparativa en movilidad

Otro de los puntos importantes es, sin duda, el tiempo que se tarda en realizar el trayecto, puesto que el tiempo puede variar considerablemente en función de la hora de salida, recorrido y otros factores externos (accidentes, obras, atascos debido a desplazamientos de otros vehículos que se realizan de municipios a las afueras de la ciudad de Barcelona, etc.).

Para este trabajo, como ya hemos descrito en el alcance del proyecto, vamos a acotar la zona donde se realizará el recorrido, centrándonos en que el desplazamiento se haga en ciudad, sin usar autopistas, ni rondas, ya que de esta manera la comparativa con la bicicleta eléctrica estará en las mismas condiciones, puesto que en todos los casos recorrerá un tramo similar al que realizará dicha bicicleta eléctrica.

Éste es uno de los puntos más complejos, ya que no se puede determinar con exactitud el tiempo que van a tardar, pero sí que podemos aproximarnos a través de este estudio. Para llevarlo a cabo nos basaremos en fuentes como Google *Maps* o informes de tráfico.

En la siguiente imagen, que es un mapa donde se indica el flujo de tráfico, se puede ver en rojo las zonas más colapsadas y en verde, las zonas con más fluidez de tráfico.

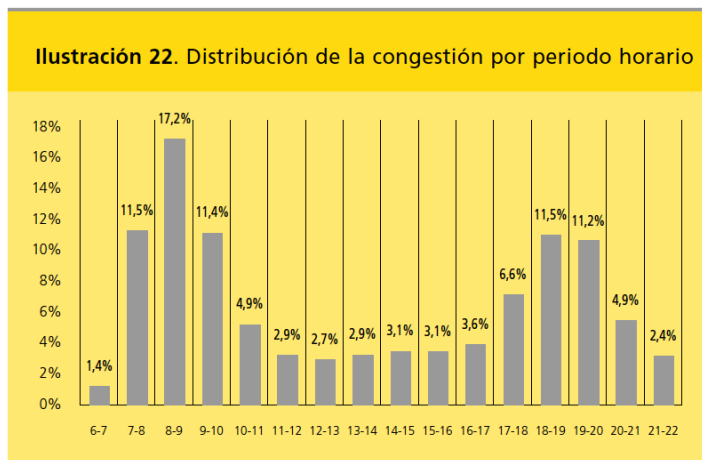


*Ilustración 36: Mapa del flujo de vehículos por las principales vías de Barcelona (fuente: maps.google.com)*

Otro punto importante a tener en cuenta es, que, con frecuencia cambian los índices de flujo de tráfico en la zona urbana, por lo que necesitaremos consultar informes de

movilidad de Barcelona de los últimos años para encontrar alguna referencia sobre el flujo de tráfico urbano en función de la hora del día. Para ello vamos a recurrir a informes sobre de tráfico realizados por el RACC y al Informe de movilidad de Barcelona.

A través de los informes anuales que hace el RACC (*La congestión en los corredores de acceso a Barcelona*) podemos hacernos una idea aproximada de la hora en que se produce el mayor número de desplazamientos por la ciudad. Aunque este informe hable únicamente sobre los desplazamientos por corredores y no por zona urbana, nos sirve para hacernos una idea aproximada del flujo de vehículos que se produce en la ciudad condal.



Considerando las diferentes franjas horarias, el 70% de la congestión diaria se concentra en una horquilla crítica de seis horas (7-10 h y 17-20 h), principalmente en la franja de mañana (40%) y especialmente entre las 8 y las 9 h.

### *Ilustración 37: Distribución de la congestión por periodo horario (fuente: RACC.cat)*

Como podemos ver en la ilustración, el mayor número de desplazamientos se realizan en dos diferentes tramos, uno es el tramo de la mañana, que va desde las 7 de la mañana hasta las 10 de la mañana, donde se produce un pico importante desde las 8 hasta las 9, y, por otra parte, está el tramo que va desde las 18 hasta las 20 horas. Ambos tramos están relacionados con las horas de entrada y salida de la jornada laboral de la mayoría de empresas que hay en Barcelona.

Con esta gráfica, vemos que, durante esos 2 intervalos, al aumentar el número de desplazamiento desde diferentes vehículos al mismo tiempo, esto hace que aumenten las posibilidades de diferentes atascos por Barcelona, tanto la periferia como el centro, haciendo que los todos los desplazamientos, se vean afectados con retrasos, en este punto, se ven claramente afectados 3 medios de transporte que teníamos en las comparativas que son el ciclomotor, el vehículo convencional (*Citroën C4*) y el vehículo eléctrico (*Nissan Leaf*), mientras que el transporte público (tranvía y metro) al tener vías exclusivas para ellos, no se verán afectados, al igual que la bicicleta eléctrica, que también dispone de carril bici por todo el recorrido que tiene, aunque ha de respetar las mismas normal de circulación y, en función de la disponibilidad de los carriles bicis, puedes llegar a usar

una carril de automóviles, por lo que, también se puede ver afectado por los diferentes atascos.

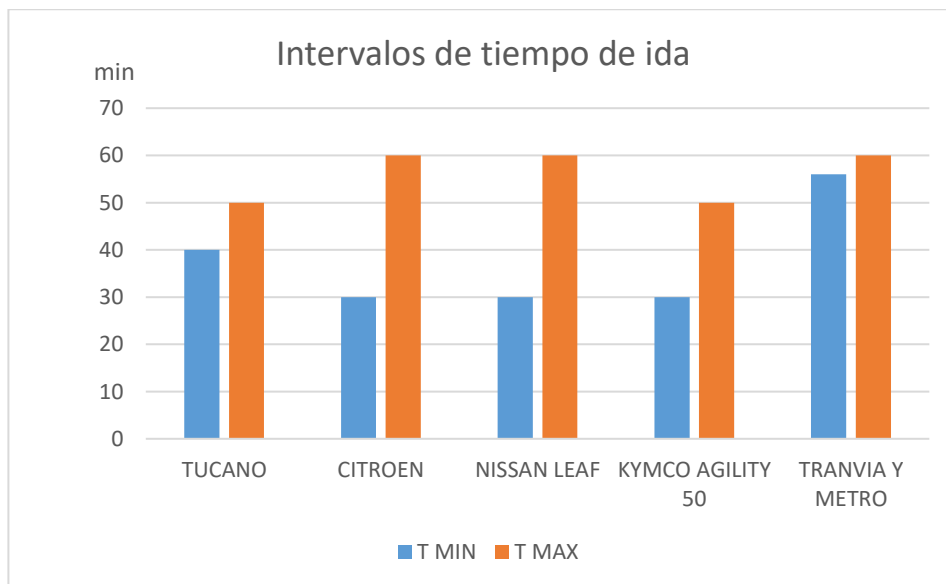
Por último, lo que haremos será mostrar el tiempo que tarda cada medio de transporte. Recordamos de nuevo, que, para realizar las siguientes gráficas, se ha acotado la realización del ensayo a:

Tiempo de ida:

- Hora de salida: 7 – 7:15
- Zona: carril bici o carril ciclable, siendo preferente el uso del carril bici.

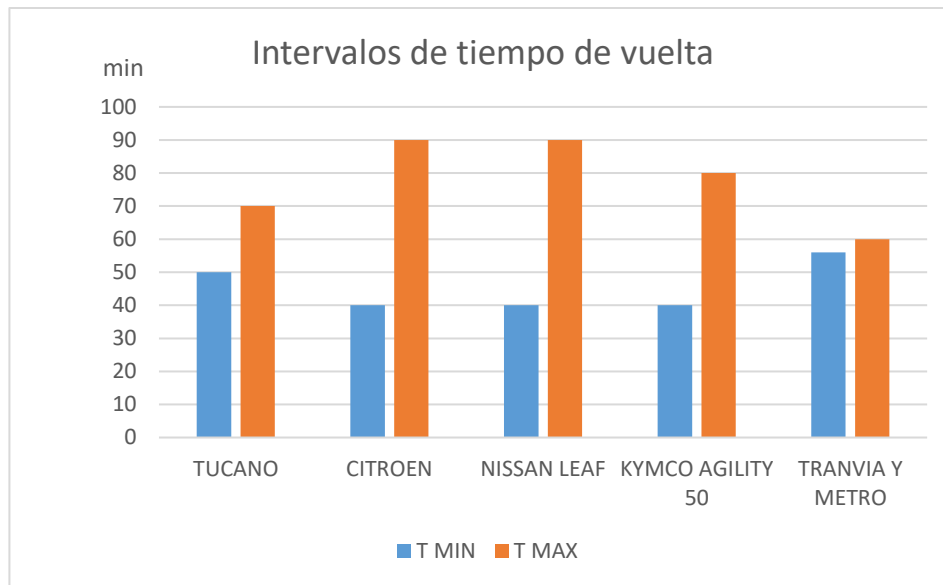
Tiempo de vuelta:

- Hora de salida: 18 – 18:15
- Zona: carril bici o carril ciclable, siendo preferente el uso del carril bici.



**Ilustración 38:** Comparativa del tiempo de ida de todos los medios de transporte  
(fuente: propia)

Tal y como podemos ver en la ilustración 38, los medios de transporte que menos tardan en realizar el trayecto son el *Citroën* y el *Nissan Leaf*, seguidos por el ciclomotor, pero, a la vez, son los que más pueden llegar a tardar según las condiciones de tráfico u otros factores, pudiendo llegar a tardar el doble. Mientras que la bicicleta eléctrica y el transporte público son los que más tardarían en llegar al destino en el mejor de los casos, pero también, tardarían considerablemente menos en el peor de los casos a la par con los vehículos a cuatro ruedas, mientras que el ciclomotor, es el mejor tardaría en el peor de los casos.



*Ilustración 39: Comparativa del tiempo de vuelta (fuente: propia)*

En la ilustración 39, se puede ver que sigue la misma tendencia que la anterior ilustración, pero esta vez, vemos que la diferencia de tiempo puede llegar a ser superior al doble. Otro dato interesante es que en el caso de la bicicleta eléctrica de Tucano, también hay un aumento de tiempo respecto al tiempo de ida, por lo que se puede deducir que la bicicleta eléctrica también puede estar expuesta a atascos de tráfico. Por último, vemos que el transporte público se mantiene igual, ya que es el único que no aumenta su tiempo.

Afectados por los atascos		
Medios de transporte	Si	No
<i>Citroën C4</i>	x	
<i>Nissan Leaf</i>	x	
<i>Agility 50</i>	x	
Metro/ Tranvía		x
Bicicleta eléctrica	x	

*Tabla 15: Lista de qué medios de transporte pueden sufrir atascos*

#### 4.8.2 Comparativa en medioambiente

Para este apartado, nos centramos en el impacto medioambiental que supone incorporar bicicletas eléctricas en la ciudad de Barcelona, es decir, las principales consecuencias que puede suponer añadir nuevas bicicletas eléctrica.

Para esto apartado, nos centraremos únicamente en la emisión que emiten todos los medios de transporte, no nos centraremos en las emisiones que estén relacionadas con la producción o el transporte de las diferentes fuentes de energía de donde provienen.

Para el caso de las bicicletas eléctricas, al no tener emisiones de  $CO_2$ , ni tampoco  $NO_x$ , podemos decir que medioambientalmente son una alternativa totalmente sostenible, pero si partimos de la hipótesis que los nuevos usuarios que utilicen una bicicleta eléctrica sean usuarios que han decidido no usar como medio de transporte un coche de combustión o un ciclomotor, podemos, además, saber un posible impacto en la reducción de emisiones de  $CO_2$ , incluso, podemos hacer una pequeña suposición de las cantidades de emisiones que puedes dejan de emitirse en la ciudad condal. Gracias a los datos aportados en las comparativas, tenemos las emisiones del coche convencional, cuyo combustible es el diésel, y el del ciclomotor, cuyo combustible es la gasolina.

Echando un visto a la comparativa, recordamos que las emisiones de los vehículos que emiten emisiones  $CO_2$  eran los siguientes:

$$Emisiones_{ciclomotor} = 0,073 \text{ kg/km}$$

$$Emisiones_{vehículo motor a combustión} = 0,095 \text{ kg/km}$$

Como ya sabemos la cantidad de kilómetros que han de recorrer ambos vehículos anualmente, podemos calcular las emisiones que se producen anualmente.

$$E_{anuales} = Emisiones \cdot trayecto anual \quad (24)$$

Siendo

Emisiones: las emisiones por kilómetro de cada vehículo

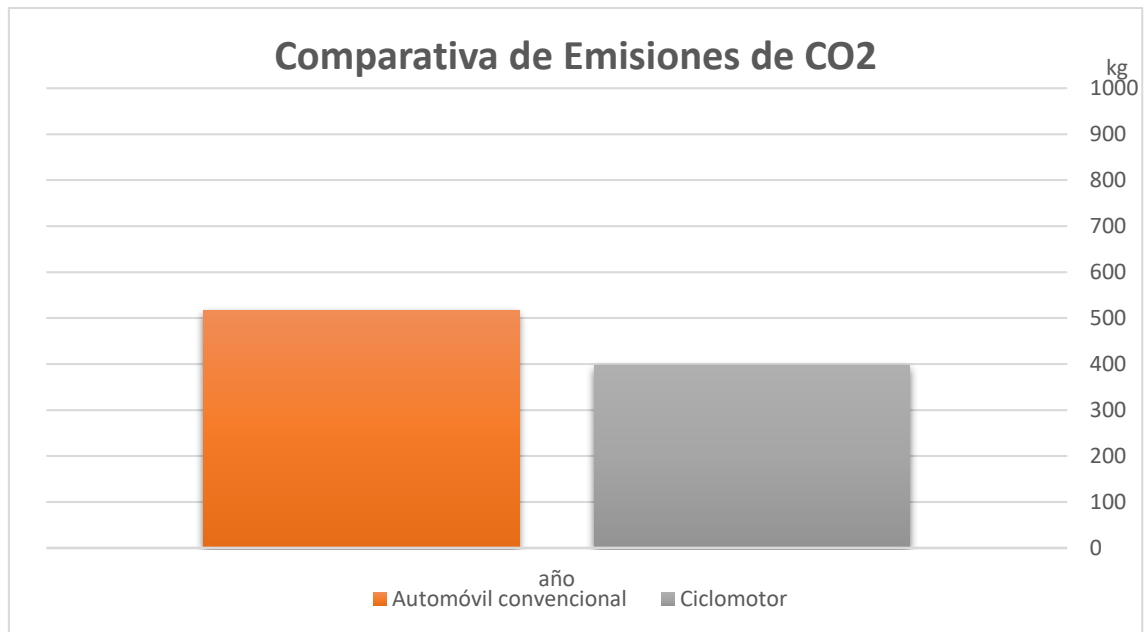
Trayecto anual: los km anuales que se recorren = 5440 km

Ahora podremos saber la cantidad de emisiones que producen ambos vehículos.

$$E_{anuales.ciclomotor} = 397.12 \text{ kg}$$

$$E_{anuales.vehículo motor a combustión} = 516.8 \text{ kg}$$





*Ilustración 40: Comparativa de emisiones de CO2 (fuente: propia)*

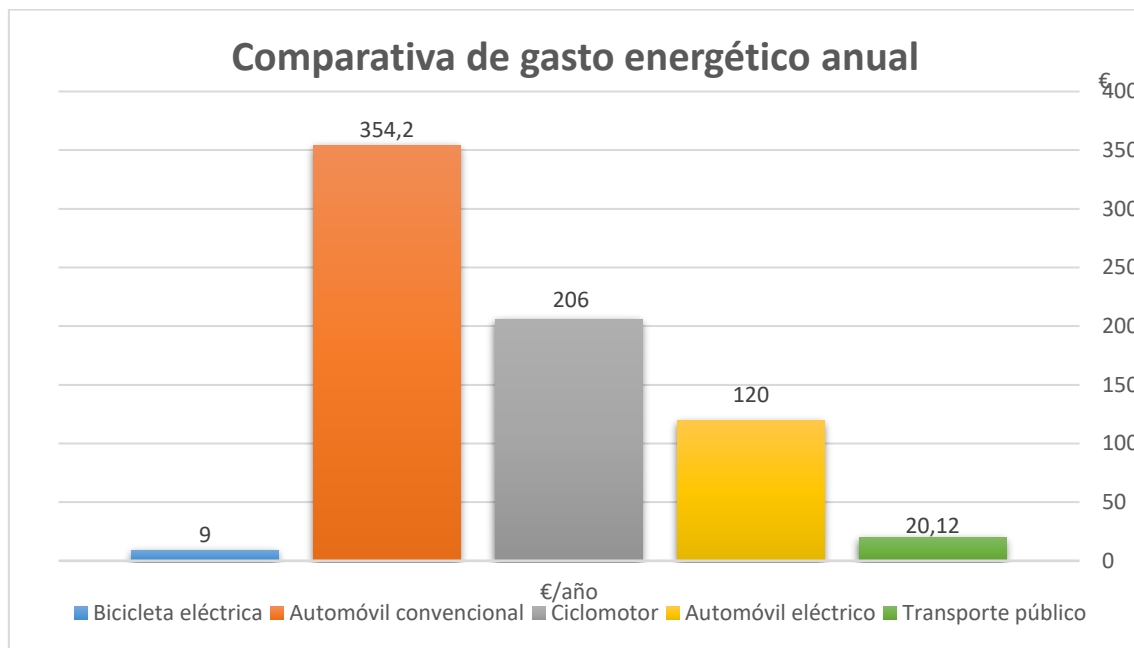
Como se puede ver en la ilustración 40, a nivel de impacto medioambiental, que un usuario de ciclomotor o vehículo a combustión se pase a una bicicleta eléctrica, o aquel usuario que elija adquirir una bicicleta eléctrica en lugar de un ciclomotor o vehículo con motor a combustión, puede suponer evitar la emisión de 400 a 500 kg de CO2 por año.

Eso significa que la inserción de las bicicletas eléctricas puede suponer impacto medioambiental positivo.

## 4.9 Conclusiones

Después de hacer todas las comparativas de todos los medios con la bicicleta eléctrica, se pueden extraer unas conclusiones generales de todos los casos, para ello juntaremos todas las gráficas de todos las comparativas como resumen, aparte se añadirán de nuevas.

Primero empezaremos por el gasto energético anual de todos los vehículos.

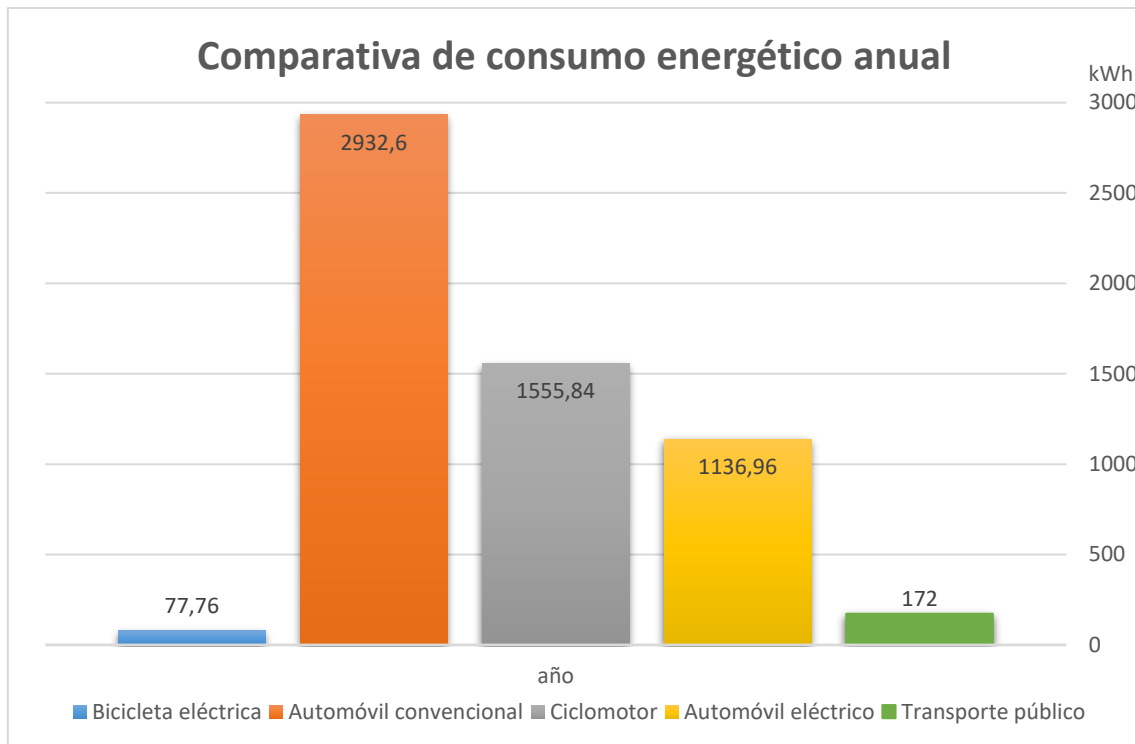


*Ilustración 41: Gasto energético anual (fuente: propia)*

Vehículo convencional es la opción que más consume, muy por encima del segundo vehículo que le sigue en la gráfica, que es el ciclomotor, luego está el vehículo eléctrico y los últimos son el transporte público y la bicicleta eléctrica, ambos con un gasto que muy por debajo del resto, siendo estos los medios de transporte que menor gasto energético conllevan.

Otro punto interesante es, ver cómo, la diferencia entre el último y el primero es muy elevado, prácticamente el vehículo con motor a combustión gasta 40 veces más que la bicicleta eléctrica.

A continuación, también analizaremos el consumo en kWh que han realizar todos los medios de transporte.



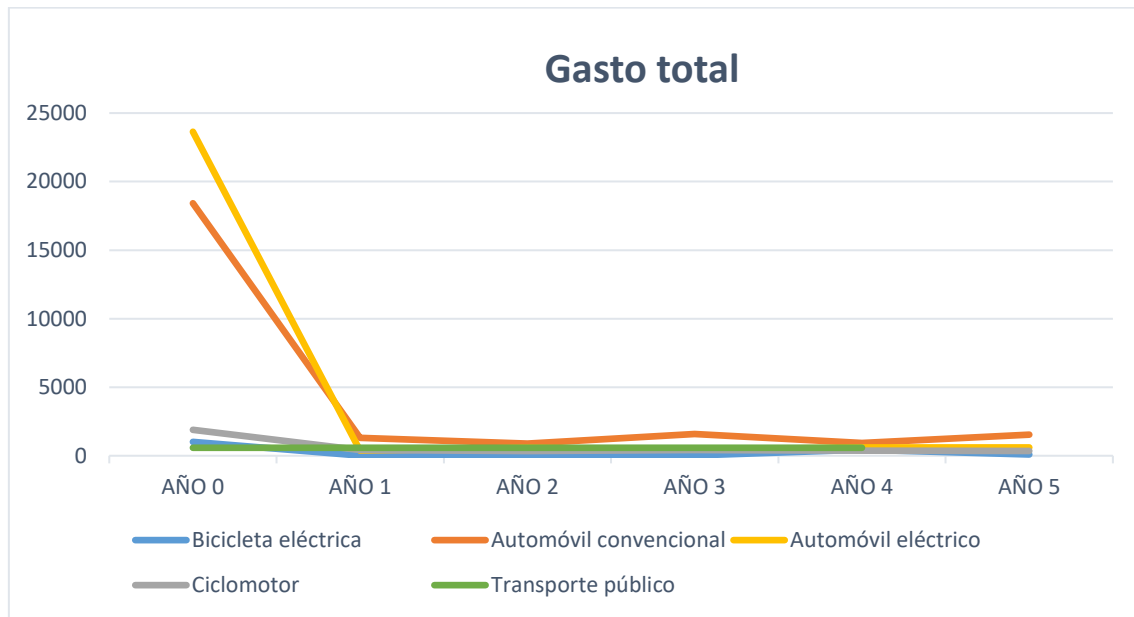
*Ilustración 42: Consumo energético anual (fuente: propia)*

De la comparativa de consumo energético anual (ilustración 42), podemos ver que es muy parecido respecto a otros vehículos, las diferencias se producen en los precios de los diferentes combustibles que se utilizan en cada vehículo (recordemos que usan el precio de la electricidad, Diesel y el de gasolina). Por lo general, en esta grafica es proporcional a la anterior y los comentarios pueden llegar a ser equivalentes, siendo el vehículo a combustión el que más energía ha consumido, seguido por el ciclomotor que llega a consumir prácticamente la mitad de kWh que el primero durante el año, el vehículo eléctrico se encuentra por debajo, y por último encontramos el transporte público y bicicleta eléctrica.

Ahora a continuación, mostraremos en la última comparativa, donde se tiene en cuenta el gasto total que supone la adquisición, el gasto del consumo y el de mantenimiento de cada vehículo.

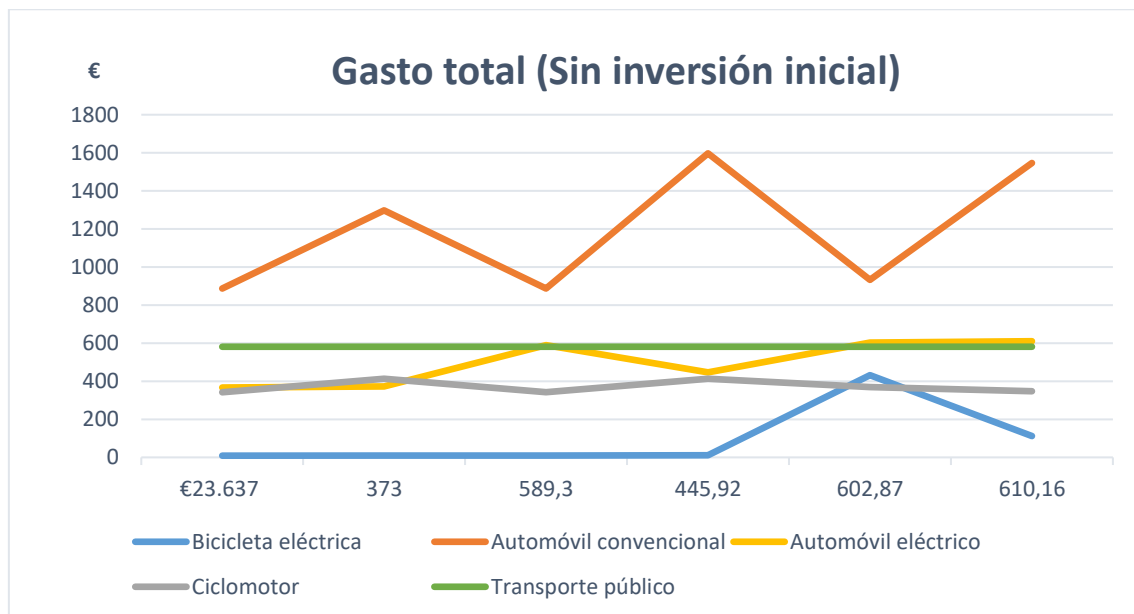
El ciclomotor es la opción que más pareja puede estar con la bicicleta, a nivel de inversión, ya que, en función del ciclomotor, puede llegar a ser más fácil adquirir uno, aunque, el mantenimiento sea más elevado, además de que no es una opción ambientalmente sostenible.

- La bicicleta eléctrica consume considerablemente menos que los demás vehículos gracias al menor peso que tiene y el motor de 250 W
- El transporte público tiene un gasto bastante más reducido, cercano al de la bicicleta, no tiene una inversión, aunque el gasto anual es bastante elevado.



**Ilustración 43:** Gasto total de todos los medios de transporte (fuente: propia)

Como se puede ver, debido al alto precio que suponen el vehículo eléctrico y el vehículo con motor a combustión, esto no permite ver con claridad la diferencia de mantenimiento de los otros medios de transporte, los únicos comentarios que se pueden extraer son de sobre el gasto durante el primer año, por lo que también se mostrará la misma gráfica, pero sin coste de adquisición a continuación.



**Ilustración 44:** Gasto total sin inversión anual (fuente: propia)

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, el gasto del coche de combustión sigue siendo el más elevado de los 5, mientras, podemos ver que el gasto total del transporte público es el segundo mayor (siempre que no se tenga él cuenta el coste de adquisición, sino este será el cuarto en la lista) Cerca de él, están el coche eléctrico al igual que el ciclomotor, es interesante también ver como un coche eléctrico puede llegar a tener unos gastos de consumo y mantenimiento parecidos al de un ciclomotor, a pesar de tener muchas diferencias.

Finalmente, como ultimo queda la bicicleta eléctrica, con un gasto muy por debajo de la resta, ya que en mantenimiento de la bicicleta es mínimo.

El Vehículo eléctrico es el medio que mayor inversión requiere, pero su bajo mantenimiento hace que sea una buena opción rentable a largo plazo, en contra, sigue siendo un vehículo vulnerable de sufrir atascos.

El Vehículo de motor a combustión es el vehículo que mayores gastos de consumo y mantenimiento tiene, además a nivel de movilidad, es el que mayor probabilidad de sufrir un atasco tiene y tarda más tiempo en sus desplazamientos, a favor, tiene que a su disposición una infraestructura preparada para su carga.

El ciclomotor es la opción que requiere una inversión menos agresiva, aunque los gastos de mantenimiento y consumo de combustible son considerables.

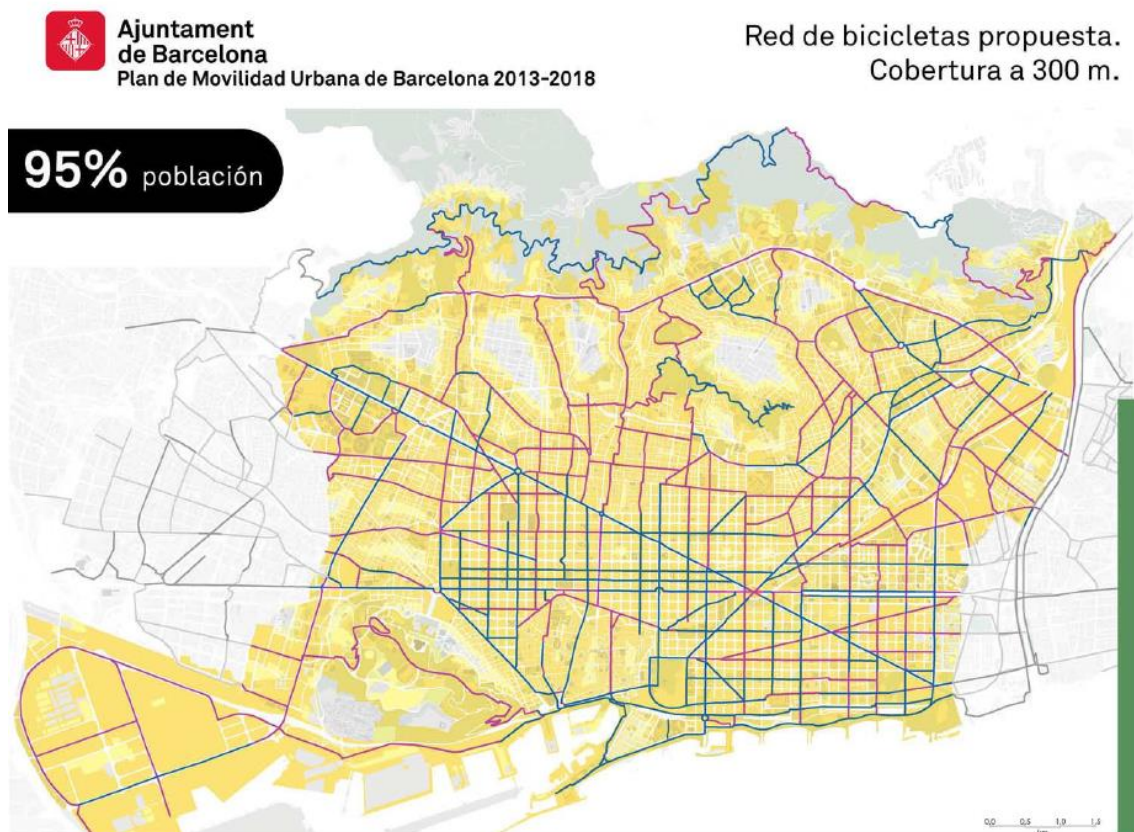
El transporte público, a su favor se puede decir que no es necesaria ninguna inversión para su adquisición, además de que es el único de todos los medios de transporte que no se verá afectado por atascos.

La bicicleta eléctrica tiene una inversión considerable, pero dado a sus bajos costes de consumo y mantenimiento, puede ser una gran opción, en contra, se ha de remarcar de que, los tiempos de desplazamientos serán mayores al de los otros vehículos, menos el del transporte público, también comentar que la bicicleta eléctrica no dispone de puntos de carga pensados para estas, por lo que, en el caso de no disponer batería, la bicicleta pasaría a ser una bicicleta convencional

## 5. Mejora continua en infraestructura de movilidad sostenible

En este apartado, con las comparativas ya realizadas, intentaremos aportar posibles mejoras o proponer nuevas soluciones, a nivel de movilidad, en bicicletas eléctricas. Para ello, vamos a recurrir al plan de movilidad urbano de Barcelona (PMU) para ver qué podemos mejorar.

Una vez repasado el PMU, comentaremos los puntos que tengan relación con las bicicletas eléctricas o puntos que puedan afectar a la movilidad de las bicicletas eléctricas. Comprobamos que el PMU ofrece aumentar las infraestructuras para carriles bicis, de tal manera que estén disponibles para más del 90% de la población.



***Ilustración 45:** Expectativas de infraestructuras para bicicletas eléctrica, en azul los carriles bicis ya preparados, en lila, los carriles bicis en fase de implementación.  
(fuente: tmb.cat)*

Por lo que se puede apreciar, a corto y medio plazo, la ciudad estará dotada de mejores infraestructuras para bicicletas eléctricas, lo que significa que las bicicletas tendrán sus propias vías. Este aspecto es muy positivo de cara a la seguridad vial, puesto que uno de los problemas con los que nos hemos encontrado en los barómetros de la bicicleta.

Como podemos recordar de la ilustración 9, tres de sus principales inconvenientes tienen que ver con la falta de seguridad e infraestructuras. Esto se puede ver reducido en gran parte con el aumento de carriles, aunque no del todo, ya que en función de donde esté el carril bici, si por una parte supone más seguridad con respecto los automóviles, implica a su vez un mayor riesgo para el transeúnte.

Este punto puede llegar a ser muy importante, ya que el PMU no habla sobre cómo se van a ampliar las infraestructuras de los carriles, ni especifica si el terreno que las bicicletas ganarán será compartido con los peatones o será terreno que perderán los carriles de los automóviles. Tampoco explica nada sobre las direcciones o dónde se situarán, si habrá carriles de una dirección, con doble dirección unidas o de doble dirección en una misma calle. Actualmente podemos encontrar todas estas variantes en diferentes calles de Barcelona.



***Ilustración 46:*** Carril bici compartido con la zona peatonal en la calle Tarragona

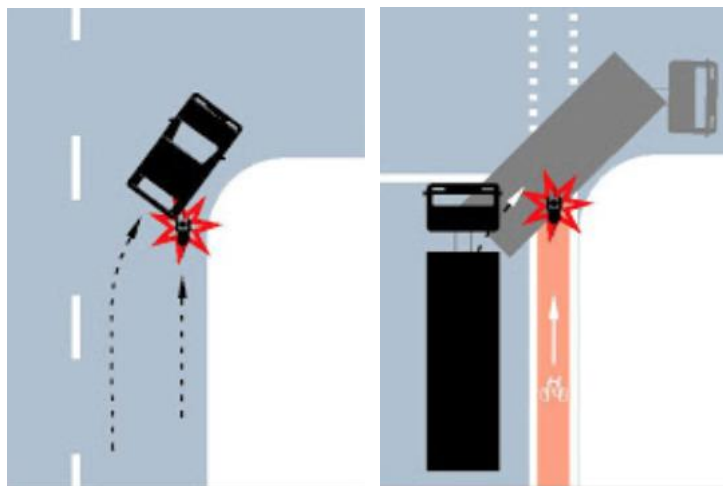
Las mejoras que se explican en el PMU en modo alguno no han de perjudicar al peatón, ni a los ciclistas. Por ello, lo más correcto es poder definir previamente si las características del carril bici son las óptimas para las calles donde se ubicarán, teniendo en cuenta que esto no ha suponer un motivo de confrontación entre ciclista y peatón.





**Ilustración 47:** Carril bici ubicado en calza, pero desproporcionado con zona para peatonales en la calle Montevideo.

Como se puede apreciar en las anteriores imágenes, algunos carriles bici ya situados, no suponen una gran mejora para los ciclistas, más bien induce a aumentar la precaución (ilustración 46), ya que se circula por zona peatonal, cosa que también el peatón ha de tener en cuenta, también hay casos en donde se ha colocado un carril bici, que le quita terreno a la zona donde pasan los peatones (ilustración 47). Por ello, la opción de poner un carril bici en los carriles de los automóviles puede ahorrar posibles problemas con respecto a los peatones, aunque no supone una buena solución porque implica tener más precaución. Los puntos más peligrosos o donde hay más posibilidades de producirse un accidente son los cruces o cuando un vehículo va a girar:



**Ilustración 48:** Impacto lateral con un vehículo; representa el 12% de los accidentes ciclistas en España (fuente: DGT).

El impacto lateral es uno de los accidentes más comunes entre ciclistas y automóviles. Las recomendaciones para evitarlos, por parte de ambos, es siempre tener precaución, pero es recomendable añadir algún tipo de señalización, indicando a los automóviles



cuando deben realizar un giro en el caso de haber un carril bici y que extremen la precaución.

Se han de tener presente los siguientes puntos, a la hora de ubicar un carril bici:

- Hacer un estudio de cómo puede afectar en la movilidad en bicicleta la colocación de un carril bici, según el tipo de calle, como pueden ser una avenida o una calle de un solo sentido.
- No ha de entorpecer la zona de peatones, por lo que el carril bici se hará en la misma zona que los carriles de automóviles.
- De no ser posible poner el carril bici (calles estrechas, zona residencial) el carril de automóviles pasa a ser ciclable.
- Se han de definir correctamente cuáles serán las ventajas y desventajas de tener carriles bicis en una sola dirección o en 2 direcciones.
- Abastecer de todas las señales de precaución de carril bici en la calzada, para los automóviles.

## 5.1 Mejoras en subvenciones y ayudas

Otro punto interesante que presenta el PMU es el de promover el uso de las bicicletas eléctricas, dando como ejemplo sistemas de alquileres de bicicletas eléctricas, pero sin explicar cómo se aplicará esta medida. Debido a ello, plantearemos una serie de ideas que esperamos sean útiles al respecto.

- Mantener las ayudas para adquirir bicicletas eléctricas: Actualmente, el Ayuntamiento de Barcelona juntamente con el Área Metropolitana de Barcelona (AMB), ofrecen ayudas para la compra de bicicletas eléctricas. Las ayudas son de 200€ para bicicletas que tengan un motor de 250W como máximo. Un punto importante es seguir manteniendo estas ayudas durante los próximos años para que se incremente la demanda de las bicicletas eléctricas y, conseguir también descuentos acumulativos según las compras que se realicen, entre otros ejemplos como:
- Que el ayuntamiento o la comunidad autónoma ofrezca ayudas de entre 50 a 200€ en la compra de bicicletas eléctricas para personas que den de baja el impuesto de circulación de sus automóviles con más de 15 años. Esto también puede ser aplicable para motocicletas o ciclomotores.
- Ofrecer diferentes descuentos para universitarios en la compra de bicicleta eléctrica, siempre que el estudiante justifique la necesidad de utilizar la bicicleta en función de donde vive o donde tiene que ir a estudiar. También puede ser un beneficio que vaya adjunto el descuento a diferentes becas.
- Generar convenios con empresas distribuidoras de bicicletas eléctricas para ofrecer ayudas a empresas distribuidoras de mercancías o servicios. Uno de los ejemplos más útiles puede ser para aquellas empresas que permiten hacer la compra online y el envío a domicilio. Todos los trabajos que impliquen mensajería podrían tener algún tipo de descuento si se desplazaran en bicicleta eléctrica.
- Ayudas para la renovación de flotas de ciclomotores a diferentes empresas, en el caso de que los ciclomotores sean propiedad de las mismas y se planteen el replazo. Esas mismas empresas (de mensajería, comida a domicilio, compras online, *renting*, ocio etc.) podrían optar a alguna subvención para comprar flotas de bicicletas eléctricas.



*Ilustración 49: triciclo eléctrico usado por una empresa de paquetería y mensajería (fuente: DGT).*

## 5.2 Mejoras en servicios

En esta parte se aportan ideas, con el principal objetivo de mejorar la calidad del usuario con respecto a las bicicletas eléctricas.

- Inscripción de bicicletas eléctricas: Esta idea nace del gran número de robos de bicicletas en las calles que se producen por la ciudad de Barcelona, como extracto, TVE indica que en Barcelona se roban 10 bicicletas cada día. Y en el 96% de los casos no se recuperan, por lo que una idea para poder fomentar en uso de la bicicleta eléctrica va a depender de la seguridad de estos vehículos, como se pudo ver en el tercer y sexto punto de la Ilustración 9. Una propuesta muy útil sería fomentar un registro de bicicletas eléctricas, donde se tenga toda la información de la bicicleta en caso de robo y recuperación.
- Puntos de aparcamiento más seguro para las bicicletas eléctricas: Otro punto interesante para mejorar la seguridad de las bicicletas a la hora que aparcarlas es mejorar las zonas donde se pueden aparcar y esto puede llevar a 2 opciones:
  1. Mejorar las instalaciones colocando vigilancia en los aparcamientos para bicicletas privadas, como pueden ser zonas donde poder aparcar bicicletas que a la vez dispongan de vigilancia, como ejemplo ya existen aparcamientos pensado solamente para bicicletas como es *Bicipark*, o también, adaptar zonas ya preparadas de aparcamiento de otros vehículos, aprovechar o adaptar algún espacio para que también se pueda aparcar de forma segura las bicicletas eléctricas, como por ejemplo algunos parkings públicos ya tienen adaptado pequeñas zonas para poder adaptar zonas para aparcar bicicletas. También se pueden mejorar la seguridad de otras formas como por puede ser colocar sistemas antirrobo en las zona para aparcar bicicletas, esto supondría una mejora en la seguridad para las bicicletas eléctricas

a la hora de poder aparcar en zonas pública sin necesidad de vigilancia, de estas diferentes ideas se pueden poner, como ejemplo se puede hacer referencia a *Bicibox*, una iniciativa por parte de AMB (Área metropolitana de Barcelona) que consiste en una cadena de pequeños garajes seguros, donde poder guardar la bicicleta, que además cabe decir que es de suscripción gratuita. Aunque la iniciativa de *Bicibox* fue solamente poner estos garajes en las zonas con menor número de transportes públicos, para promover los desplazamientos con bicicletas por zonas que estén en las entradas de la urbe de Barcelona, puede llegar a ser una solución apta para toda el Área Metropolitana de Barcelona.



**Ilustración 50:** A la izquierda se puede ver una estación de Bicibox, garajes para poder guardar bicicletas. A la derecha, podemos ver un parking de Bicipark.

2. Otra opción útil podría ser también adaptar zonas de parking para bicicletas a instalaciones públicas como pueden ser bibliotecas, ayuntamientos, hoteles, todas aquellas instalaciones de pública concurrencia, con el objetivo de poder reducir las probabilidades de robo, de esta manera se puede aprovechar la vigilancia que ya existe en estos lugares, por lo que solamente quedaría adaptar una zona de aparcamiento para bicicleta eléctricas.



***Ilustración 51: El ayuntamiento de Barcelona habilita un aparcamiento de bicicleta en el consistorio (fuente: [www.Europaexpress.es](http://www.Europaexpress.es))***

Ambas opciones son compatibles entre sí, y ambas opciones deberían de poderse usar en caso de que la otra no sea viable. A continuación, mostramos una lista de ventajas y desventajas que pueden tener ambas opciones, con tal de saber cuándo una puede resultar más viable que la otra.

En el caso de las zonas donde poder aparcar bicicletas que no dispongan de vigilancia: tiene como desventaja principal un mayor gasto, ya que requiere poder encontrar un espacio lo suficientemente grande para poder ser apto para poder ser utilizado como parking, aparte de los gastos que supondría el mantenimiento de las instalaciones y de la alta inversión. El impacto que pueda llegar a tener la pérdida de un espacio urbano y un riesgo existente a que esta idea pueda no cumplir las expectativas de la población. Como ventajas está claramente la de aportar un lugar únicamente para aparcamiento de las bicicletas eléctricas. En el caso de aprovechar una parte de una zona destinada para parking de otros vehículos, los gastos serían considerablemente menores tanto, tanto para una inversión inicial como en el mantenimiento, siendo esta, posiblemente más interesante que la anterior.

Para la opción de adaptar zonas de parking para bicicletas en instalaciones públicas, tiene como desventaja principal que no todos los espacios públicos tendrán las dimensiones necesarias para adaptar una zona para bicicletas. En caso de que sí lo tengan, otra posible desventaja sería, que el parking, a diferencia de la anterior opción, no estaría siempre disponible, ya que este, solo sería accesible durante las horas que el centro esté abierto. Como ventaja principal, está, que esta opción puede ser la más segura de ambas.

- Puntos de carga para bicicletas eléctricas: Esta idea, puede ir juntamente con las anteriores ideas. El objetivo es que existan zonas para que aquellos ciclistas puedan cargar sus bicicletas o solamente la batería, ya sea en el mismo parking o en una zona aparte, y no estar pendiente de la autonomía disponibles por las baterías.



**Ilustración 52:** Idea de posible punto de recarga para bicicletas eléctricas (fuente: [www.Europaexpress.es](http://www.Europaexpress.es))

- Actualmente todas las empresas que hay en Barcelona, o se dedican a la distribución de bicicletas, o aparte son empresas que siempre han trabajado en el marco de ventas de bicicletas convencionales, que se están adaptando a una demanda. Afortunadamente, el aumento de la demanda implicará un mayor número de empleos, pero se echa en falta un taller pensado para bicicletas eléctricas. Actualmente hay muchas empresas que ofrecen este servicio, pero son empresas que solo están pensadas para un servicio post venta de bicicletas de sus marcas, otra propuesta para la mejora de servicio es crear talleres para bicicletas eléctricas genéricas, esto además supone un aumento de un perfil de técnicos especializados en bicicletas eléctricas.
- Como hemos visto en los pronósticos del mercado de la bicicleta eléctrica, habrá un aumento año tras año, por lo que uno de los posibles problemas que puede haber es la saturación de bicicletas eléctricas. Así pues, los actuales carriles bici no estén los suficientemente preparados en un futuro. Por lo que otra propuesta, siempre pensando en un posible futuro donde la venta de bicicleta este al alza, ha de ser aumentar las dimensiones de los carriles bicis, más concurridos por la ciudad.
- Regular la profesión de mecánico en bicicletas eléctricas. Esto puede motivar a mucha gente para que se forme y pueda trabajar en una profesión regulada.



## 6. Conclusiones

Con todos apartados ya concluidos, hemos visto en el estudio que la situación del mercado de las bicicletas tiende a un alza contenida en general, el cual se puede interpretar como un continuo crecimiento y aumento de ventas. Por lo que se entiende de que este sector, durante los futuros años, no tiene esperado, ni una bajada, ni tampoco un estancamiento en el mercado de las bicicletas eléctrica. Como hemos podido ver en las encuestas, también analizadas, llegamos a la conclusión de que la bicicleta convencional es una herramienta que, por una gran parte de la población, se ha utilizado o se está usando como medio de transporte, y de las encuestas podemos destacar también otros puntos igual de útiles como son las desventajas de las bicicletas convencionales, para con ellos, intentar poder ver si estos, con la inserción de la bicicleta eléctrica, pueden ser cubiertos.

Con las comparativas hemos podido ver hasta qué punto la bicicleta eléctrica puede llegar a ser más económica y una mejor herramienta en cuanto de movilidad y también en términos de eficiencia energética, que los otros vehículos, como también hemos podido ver en qué puntos la bicicleta eléctrica no cubre las prestaciones que otros vehículos si tienen.

Después de analizar todos estos puntos, y siempre con la idea de que, en un futuro, el número de bicicletas eléctricas seguirá aumentando, se ha podido proponer diferentes propuestas para poder, motivar el uso de la bicicleta eléctrica, como también a mejorar ciertos puntos de las infraestructuras que hay para este medio, como también otros servicios para poder asentarse como alternativa en transporte.





## 7. Impacto ambiental

El objetivo de este capítulo es llevar a término el análisis de impacto medioambiental, AIA, del estudio en cuestión ya que se trata de una fase fundamental a realizar en cualquier tipo de proyecto o estudio.

Como el trabajo desarrollado es un proyecto técnico-económico, sin ningún tipo de implantación real o física, el estudio del impacto ambiental no reflejará ningún tipo de vertido de residuos contaminantes, tampoco produce ningún tipo de impacto visual o sonoro, los únicos residuos que se han producido en la elaboración y el desarrollo del estudio se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Residuos de consumibles informáticos: Aquí se incluyen todos los materiales de un solo uso referente a equipos informáticos: tóner de fotocopiadoras, cartuchos de tinta etc.
- Residuos de materiales reciclable: En este grupo hay todo tipo de residuos que pueden ser reciclados y/o reutilizados: fotocopias, documentos de prueba o borradores, por ejemplo.
- Residuos de material de oficina: Se trata de todos los materiales de oficina que no pueden ser reciclados, o bien de difícil de reciclaje, como pueden ser restos de encuadernaciones, fundas de materiales, etc.
- Consumo eléctrico: Hace falta tener en cuenta que la producción de la electricidad consumida durante la realización del estudio tendrá efectos medioambientales secundarios. No es el objetivo de este capítulo analizar las fuentes de generación eléctrica y su respectiva contribución ofensiva al medioambiente, pero si como mínimo se detalla el consumo eléctrico de cada una de las fases del estudio, como pueden ser, el consumo de los vehículos a combustión, bicicletas eléctricas, equipos informáticos, entre otros.

En la tabla siguiente, se muestra la cantidad de cada uno de los agentes que generan un impacto ambiental para cada una de las fases del presente estudio.

	Clases de agentes impactantes			
	Residuos de consumibles informáticos	Residuos de material reciclable (papel)	Residuos de materiales de oficina (No reciclable)	Consumo eléctrico
Definición de objetivos i recogida de información	~300 gr	~200 gr	~150 gr	~15kW
Estudio y desarrollo del Proyecto	Muy pequeño	Muy pequeño	Muy pequeño	65 kW
Realización de Ensayos de movilidad	Muy pequeño	Muy pequeño	Muy pequeño	100kW
Redacción de la documentación	Muy pequeño	Muy pequeño	Muy pequeño	50kW
Preparación de la presentación	Muy pequeño	Muy pequeño	Muy pequeño	20kW
Acciones correctoras	Reciclaje	Reciclaje	Ninguna	Ninguna

*Tabla 16: Lista de impacto ambiental.*

En la última fila se muestran además de las acciones correctoras para cada una de las clases de impacto, que son.

- **Reciclaje:** En el caso de los residuos consumibles informáticos o del material reciclable, la mejor opción para disminuir el impacto ambiental es utilizar contenedores de reciclaje habilitados a tales efectos.
- **Ninguno:** Debido a la cantidad menospreciable de materiales de oficina utilizados, no es necesario a llevar a término ninguna acción correctora.

## 8. Presupuesto

En este apartado, se realiza un análisis económico de todo el trabajo que se ha desarrollado para realizar el estudio de viabilidad, el cual se separa en dos partes:

- El coste de recursos humanos, que han sido necesarios para desarrollar cada una de las fases del estudio.
- El coste de recurso materiales que han permitido la elaboración del estudio de viabilidad.

### Coste de los recursos humanos

A continuación, se mostrará en una tabla la lista de dedicación temporal de cada una de las fases del estudio, juntamente con el importe unitario y el coste total.

Concepto	Cantidad [Horas]	Importe unitario [€/Hora]	Coste Subtotal [€]
Definición de objetivos	20	15	300
Desarrollo teórico del estudio	20	15	300
Implementación de tablas Excel	50	15	750
Realización de gráficas	20	10	200
Búsqueda de información	120	12	1440
Redacción de documentación	120	12	1440
Total de coste de recursos humanos [€]			4430

*Tabla 17: Lista de Costes de recursos humanos*

Como se puede apreciar en la Tabla 17, este trabajo se ha basado en la búsqueda de información para poder realizar un correcto estudio de viabilidad, como se puede ver reflejada en la tabla, es la actividad que más tiempo ha requerido.

### Coste de los recursos materiales

Aparte de los recursos humanos, también se han requeridos recursos materiales para la realización de este trabajo, a continuación, se realizará una tabla con todos los materiales usados.

Concepto	Coste [€]
Microsoft Excel 2016	200
Microsoft Word 2016	200
Microsoft PowerPoint 2016	200
Consumo de vehículos	10
Material de oficina	90
Consumo eléctrico	20
Coste total de recursos materiales [€]	720

*Tabla 18: Lista de Costes de recursos materiales*

### Coste total del estudio de viabilidad

Con todos los costes, ahora podemos realizar la suma y poder ver los costes totales del estudio de viabilidad.

Total de coste de recursos humanos [€]	4430
Coste total de recursos materiales [€]	720
Coste total [€]	5160
IVA (21%)	1084
Coste total de recursos	6234

*Tabla 19: Lista de Costes totales*

Por lo tanto, el coste total de todo el estudio de viabilidad es de:

**6234 €**

## Bibliografía

Plan de movilidad urbano 2013 – 2018 (2013) – Ayuntamiento de Barcelona, <<http://ajuntament.barcelona.cat/es>>

Electrical Bicycles sales by Region, world market 2012-2018 (2012) – Pike Research - <[www.peak-research.com/](http://www.peak-research.com/)>

*“Una acera fantasmal”* La vanguardia (2018) -<<http://www.lavanguardia.com>>

Razones de peso de la bici eléctrica más allá de las obvias y con datos objetivos – Foro <<http://www.enbicicletaelectricas.com>>

Li-Ion and SLA E-Bikes: Drivetrain, Motor, and Battery Technology Trends, Competitive Landscape, and Global Market Forecasts – Navigant Research (2016) - <<http://www.navigantresearch.com/>>

Directiva 2002/24/CE Del Parlamento Europeo y El Consejo – Boletín oficial del Estado (2002) <[www.boe.es](http://www.boe.es)>

European bicycle market – AMBE (2017) - <<http://www.asociacionambe.es>>

Total de vehículos eléctricos y híbridos vendidos en España desde 2013 – Movilidad eléctrica (2016)- <<http://movilidadelectrica.com>>

Vehículos más vendidos del 2016 – ANIACAM (2016) - <<http://aniacam.com>>

Informe de ventas del 2016 – ANESDOR (2016) - <<http://anesdor.com>>

Congestión en los corredores de acceso a Barcelona – RACC (2017) - <<http://racc.es>>

AMB Área metropolitana de Barcelona - <<http://amb.es>>

Tren de alta velocidad en Gipuzkoa y oportunidades y desarrollo económico – Gobierno Vasco (2012)